

ZC-202A 变压器空载负载综合特性测试仪

# 使用手册

武汉致卓测控科技有限公司

尊敬的顾客

感谢您购买本公司 ZC-202A 变压器空载负载综合特性测试仪。为了正确使用本仪器，请您在使用本仪器之前仔细阅读本说明书，特别是“安全注意事项”部分。

如果您已经阅读完本说明书全文，建议您将此说明书进行妥善的保管，与仪器一同放置或者放在您随时可以查阅的地方，以便在将来的使用过程中进行查阅。



我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的产品可能与使用说明书有少许的差别。如有不清楚之处，请与公司售后服务部联络，我们会及时予以回复。



由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

## 慎重保证

---

本公司生产的产品，在发货之日起六个月内，如产品出现缺陷，实行包换。两年内如产品出现缺陷，实行免费维修。两年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

## 安全注意事项

---

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

只有合格的技术人员才可执行维修与操作。

◇作为安全措施，该仪器配有保护接地端子，试验前应将装置侧面的接地端子可靠接地。

◇防止跌落：勿将本仪器置于不平稳的平台或桌面上以防仪器跌落受损。

◇使用适当的电源线：应使用 220VAC、50/60Hz、承受电流 10A 及以上的电源线。

◇保证良好散热：仪器侧面的风扇、通风孔为通风散热而设，请勿堵塞。

◇防止短路：不要让任何异物掉入机箱内，以免发生短路。

◇正确地连接和断开：当设备在测试时，请勿连接或断开测试导线。

◇请勿在无仪器盖板时操作：如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

◇使用适当的保险丝：本设备使用 12A 保险丝。

◇避免接触裸露电路和带电金属：产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

◇在有可疑的故障时，请勿操作：如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

◇操作环境：请勿在潮湿环境、易爆环境中操作。

◇本仪器是精密电子仪器，请在室外使用时注意防止烈日暴晒等高温环境，注意做好遮挡烈日及通风工作，以防仪器过热或导致测量精度下降。

◇产品运输：运输时请在仪器外面铺垫海绵等缓冲保护物，以免振动颠簸损坏仪器或降低仪器精度。

# 目 录

一、产品概述	5
二、功能特性	5
三、技术指标	6
四、面板功能说明	7
五、操作说明	8
1、键盘使用方法	8
2、主界面介绍	8
3、试品参数的管理操作	8
4、空载试验过程介绍	10
5、负载试验过程介绍	12
6、谐波试验过程介绍	14
7、系统设置说明	16
六、附录	17
1、试验接线图	17
2、仪器检定方法	19
3、显示结果说明及理论计算公式	20
4、常见故障排除方法	21

## 一、产品概述

ZC-202A 变压器空载负载综合特性测试仪可测量变压器的空载电流、空载损耗、短路电压、短路（负载）损耗。可进行谐波试验，分析至 31 次谐波。仪器内部自动进行量程切换，允许测量电压、电流范围宽，接线简单。做三相变压器的空载、负载试验时，仪器能自动判断接线是否正确，并显示三相电压、电流的向量图。

单机可以完成 1000kVA 以下的配电变压器全电流下的负载实验的测量；在三分之一额定电流下可完成 3150kVA 以下的配电变压器的负载试验的测量（在三分之一的额定电流下，仪器可换算到额定电流下的负载损耗参数）。所有测试结果均自动进行相关校正。仪器可自动进行诸如：波形校正、温度校正、非额定电压校正、非额定电流校正等多种校正，使测试结果准确度更高。

## 二、功能特性

[1] 可测量变压器的空载电流、空载损耗、短路电压、短路（负载）损耗。

[2] 可进行谐波试验，分析至 31 次谐波。

[3] 仪器内部自动进行量程切换，允许测量电压、电流范围宽，接线简单。

[4] 做三相变压器的空载、负载试验时，仪器能自动判断接线是否正确，并显示三相电压、电流的向量图。

[5] 单机可以完成 1000kVA 以下的配电变压器全电流下的负载实验的测量；在三分之一额定电流下可完成 3150kVA 以下的配电变压器的负载试验的测量（在三分之一的额定电流下，仪器可换算到额定电流下的负载损耗参数）。

[6] 所有测试结果均自动进行相关校正。仪器可自动进行诸如：波形校正、温度校正、非额定电压校正、非额定电流校正等多种校正，使测试结果准确度更高。

[7] 320×240 大屏幕、高亮度的液晶显示，全汉字菜单及操作提示实现友好的人机对话，触摸按键使操作更简便，宽温液晶带亮度调节，可适应冬夏各季。

[8] 仪器可以由用户预设 40 组被试品参数，而且这些参数可以根据需要随时删除和增加，使用非常方便。

[9] 自带实时电子钟，自动记录试验的日期、时间利于实验结果的保存、管理。

[10] 面板式热敏打印机，可现场快速打印试验结果。

[11] 数据（试品设置、测量结果、测试时间等）具备掉电存贮及浏览功能，可以存储 500 组实验结果，能与计算机联机传送数据。

[12] 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。

### 三、技术指标

规格型号		ZC-202A
测试用途		变压器的空载电流、空载损耗、短路电压、短路（负载）损耗测量
工作电源	输入电压	185Vac~250Vac
	允许输入电压	85Vac~264Vac
	频    率	50/60Hz
	允许频率	45Hz~65Hz
	输入功率	40VA
	接    头	标准交流插口 60320
交流电压	范    围	10~650V
	分    辨    率	0.001V
	准    确    度	0.2%±0.001V
交流电流	范    围	0.5~60A
	分    辨    率	0.001A
	准    确    度	0.2%±0.001A
频    率	范    围	45Hz~65Hz
	分    辨    率	0.001Hz
	准    确    度	0.2%±0.001Hz
功    率	范    围	0~39kW
	分    辨    率	0.001kW
	准    确    度	<±0.5% (Cos Φ > 0.1) , ±1.0% (0.02 < Cos Φ < 0.1)
环境条件	运行温度	-10℃~+50℃
	存储温度	-25℃~+70℃
	湿    度	相对湿度: 5%~95%, 不结露
物理特性	尺    寸	360×220×150mm <sup>3</sup>
	重    量	≈5kg (不包括附件)

## 四、面板功能说明



图 1 仪器面板图

[1] 上面一排从左至右为：

接地柱、电源插座、打印机、电压测量端子、电流输入端子、电流输出端子；

[2] 下面一排从左至右为：

通信口、电源开关、液晶屏、数字键盘。

## 五、操作说明

### 1、键盘使用方法

“OK”键选择当前的输入，“取消”可以消除刚才的错误输入，“↑”“↓”“←”“→”则可以方便的实现光标的移动。“切换”键为备用键。键盘的下方为0~9的数据键，在数据输入时，通过这些数字键可以方便的输入数据。

### 2、主界面介绍

主界面如下图所示，由7个模块组成。



图2 开机主界面

- [1] 空载试验：在该菜单中可以测定单相变压器、三相变压器的空载损耗。
- [2] 负载试验：在该菜单中可以测定单相变压器、三相变压器的负载损耗。
- [3] 容量测试：对单相或三相电压、电流进行谐波分析试验。
- [4] 试品参数：对预设的变压器参数进行修改、增加、删除等操作。
- [5] 数据浏览：对存储的数据进行浏览，删除等管理。
- [6] 系统设置：设置当前的系统时间、系统参数等。
- [7] 厂家设置：该功能为厂家生产调试用。

### 3、试品参数的管理操作

[1] 在主界面中，通过键盘的方向键使光标移动到试品参数菜单，然后按OK键，进入试品参数的管理操作选择界面如下：

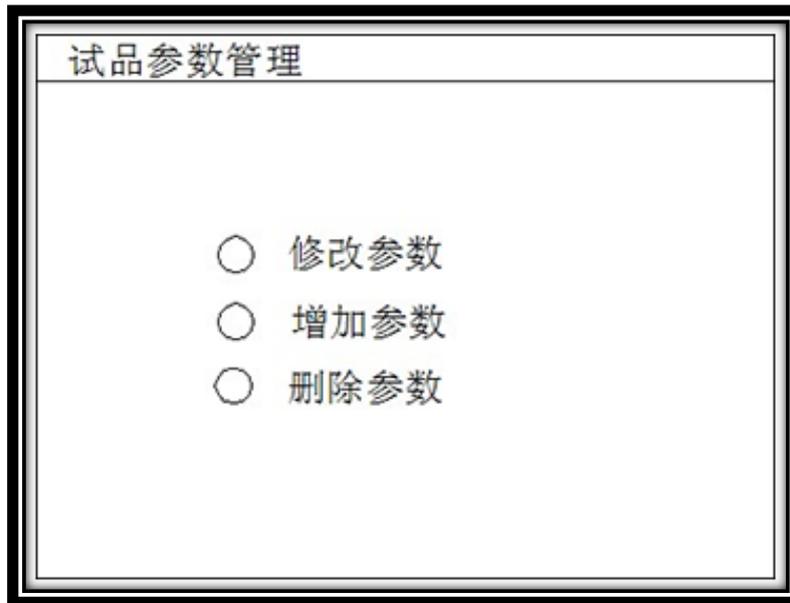


图 3 试品参数管理界面

[2] 在上面的界面中选择增加参数，出现下面的增加试品参数页面：



图 4 增加试品参数页面

上图中，编号一栏为变压器的编号，编号的长度为 7 位，前两位代表变压器类型，后五位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 63000），单位为 kVA，如变压器类型为 S9，容量为 315kVA，则其编号一栏应输入：0900315。

数据的输入方法如下（以 Un1 为例，输入值为 35.00）：使用方向键把光标移动到 Un1 后的数据输入栏中，通过数字键盘直接输入 35.00，输入完成后按 OK 键即可。注意在光标停留在 Un1 后的输入栏时，屏幕最下方提示“高压侧额定电压”（屏幕最下方总是提示当前光标输入栏的参数意义）。

[3] 在图 3 中选择修改参数，出现下面的选择变压器编号页面：

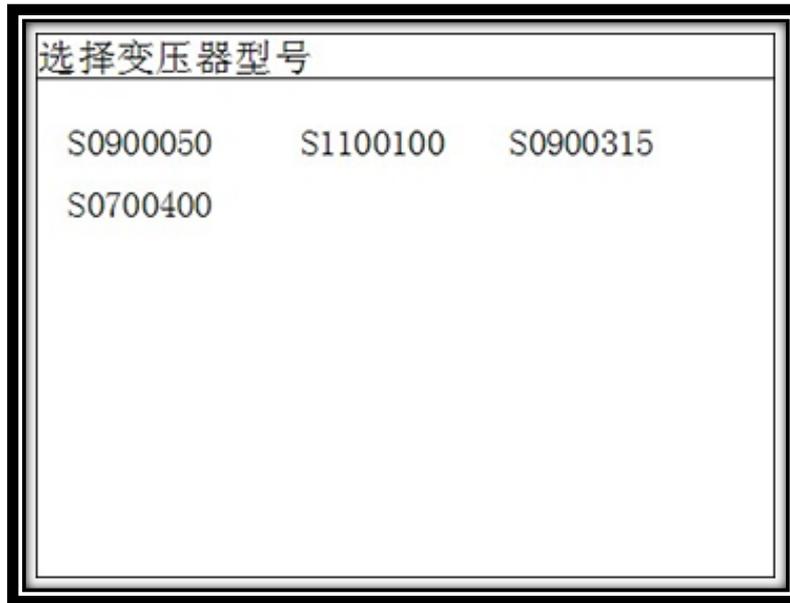


图 5 选择变压器编号页面

通过方向键选择预修改其参数的编号，然后按 OK 键进入试品参数修改页面，参数修改页面与图 4 相同。

[4] 在图 3 中选择删除参数，则出现图 5 的选择变压器编号页面，选定编号后，按 OK 键将删除该编号的变压器参数配置。

#### 4、空载试验过程介绍

[1] 根据变压器类型参考后面对应的接线图进行正确接线，然后接通空负载测试仪的工作电源。

[2] 在主界面中选择空载试验，则显示空载试验设置界面如下图：

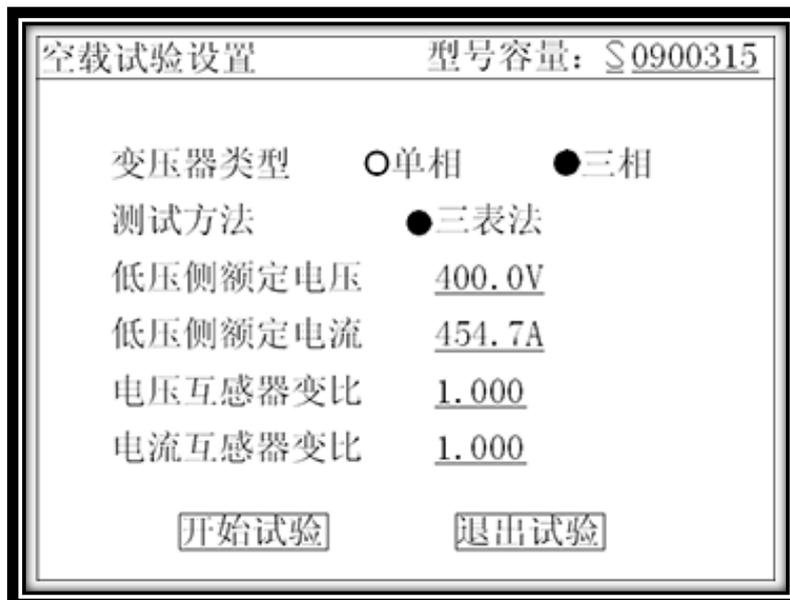


图 6 空载试验设置页面

该页面保存上次试验时的设置值，检查、修改该页面中的设置值使其与当前试验变压器一致。

注：在我司某些版本的仪器中，为了简化外部的接线，仪器内部已经接成了双表法或三表法，此时该界面的测试方法不可选择，仪器的接线也只能按双表法或三表法的接线方法。

[3] 在上图中，光标选择“开始试验”，按 OK 键进入如下的空载试验测试数据页面：

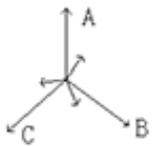
三表法空载试验		09-02-09 10:13:36		
		A	B	C
	U (V)	238.68	237.84	238.08
	Um (V)	238.74	237.57	237.83
	I (A)	0.6909	0.4969	0.6706
Uo (V)	238.20	Io (A)	0.6195	
Pab (KW)	0.0544	Pbc (KW)	0.1581	
Ps (KW)	0.2125	d	-0.0007	
Po (KW)	0.8403	Io%	0.1803	
COS $\phi$	0.655	F (Hz)	49.987	
<input type="button" value="锁定"/> <input type="button" value="保存"/> <input type="button" value="打印"/> <input type="button" value="退出"/>				

图 7 空载试验测试数据页面

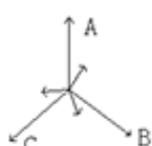
三表法空载试验		09-02-09 10:13:36		
		A	B	C
		正在测量，请稍后...		
	Um (V)	238.74	237.57	237.83
	I (A)	0.6909	0.4969	0.6706
Uo (V)	238.20	Io (A)	0.6195	
Pab (KW)	0.0544	Pbc (KW)	0.1581	
Ps (KW)	0.2125	d	-0.0007	
Po (KW)	0.8403	Io%	0.1803	
COS $\phi$	0.655	F (Hz)	49.987	
<input type="button" value="锁定"/> <input type="button" value="温度校正"/> <input type="button" value="退出"/>				

图 8 空载损耗正在测量计算页面

上图完整的显示了空载试验的所有测试结果：Uo (V) 为三相线电压的平均值，Ps (kW) 为当前电压下的实测功率，d 为电压波形畸变系数，Po (kW) 为校正后的空载损耗，Io% 为空

载电流百分比。

左上侧为试验电压、电流的向量图，如果接线错误，该页面提示“接线错误，请关机检查”；通过调压器缓慢增加试验电压，当  $U_0$  (V) 等于空载试验的额定电压时，停止升压。移动光标到“锁定”按钮，长按 OK 键将出现图 10 正在测量的提示，此时保持调压器不动，当图 10 中的正在测量的提示消息消失后，当前测试结果已经被锁定，然后“锁定”按钮变为“重测”按钮，此时请迅速操作调压器降压至零位。

在该页面的“保存”把当前的结果保存到随机的存储器上；“打印”则通过打印机打印当前的测试结果。

**注意：**升压的过程中，要时刻关注  $U_0$  与  $I_0$ ，除避免过压外，更要提防试品异常时试验电流过大损坏仪器或被试品。

[4] 按“重测”则将重新对当前变压器进行测试，按“退出”则退回到图 2 系统功能的主界面。

## 5、负载试验过程介绍

[1] 根据变压器类型参考后面对应的接线图进行正确接线，然后接通仪器的工作电源。

[2] 在主界面中选择负载试验，则显示负载试验设置界面如下图：

负载试验设置		型号容量: S0900400	
变压器类型	<input type="radio"/> 单相	<input checked="" type="radio"/> 三相	
测试方法	<input checked="" type="radio"/> 三表法		
低压侧额定电压	<u>400.0V</u>		
低压侧额定电流	<u>577.35A</u>		
高压侧额定电压	<u>35.00KV</u>		
高压侧额定电流	<u>6.600A</u>		
电压互感器变比	<u>100.00</u>		
电流互感器变比	<u>8.000</u>		
<input type="button" value="开始试验"/>		<input type="button" value="退出试验"/>	

图 9 负载试验设置页面

该页面保存上次试验时的设置值，检查、修改该页面中的设置值使其与当前试验变压器一致，尤其要注意检查编号的后 5 位所代表的容量值、高压侧额定电流、电流互感器变比等，避免设定值错误或者试验电流超量程。

注：在我司某些版本的仪器中，为了简化外部的接线，仪器内部已经接成了双表法或三表法，此时该界面的测试方法不可选择，仪器的接线也只能按双表法或三表法的接线方法。

[3] 在上图中选择“开始试验”，进入负载试验测试数据界面：

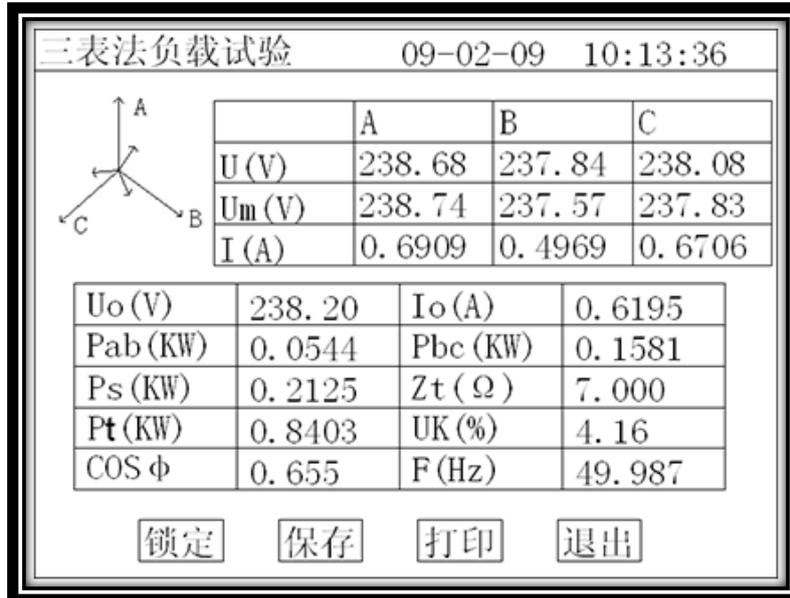


图 10 负载试验测试数据页面

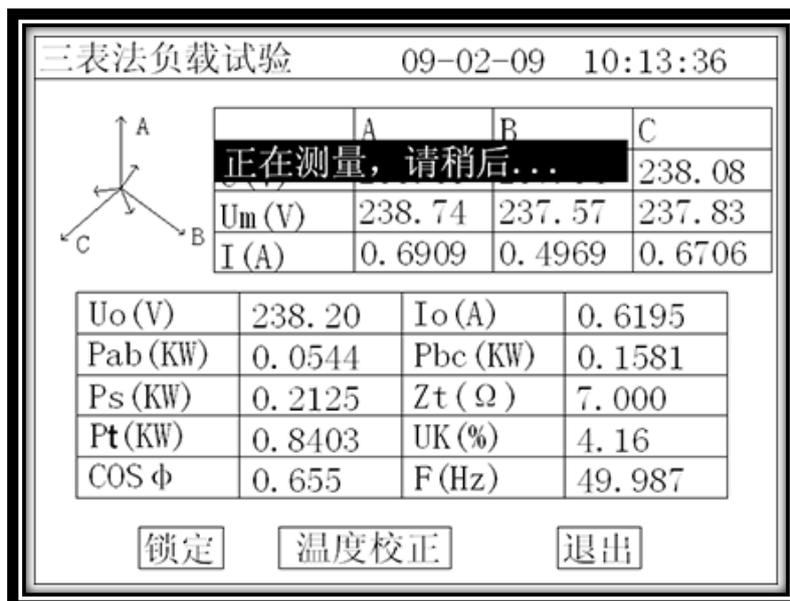


图 11 负载损耗正在测量计算页面

图 11 显示负载试验时当前温度下的所有测试数据： $U_{av}$  (V) 为当前三相电压的平均值， $I_o$  (A) 为三相电流的平均值， $P_s$  (kW) 为当前电压下的实测功率， $P_t$  (kW) 为当前温度下校正到额定电流时的复载损耗， $Z_t$  (Ω) 为当前温度下的短路阻抗， $U_k\%$  为当前温度下的短路电压百分比。

左上侧为试验电压、电流的向量图，如果接线错误，该页面提示“接线错误，请关机检查”；通过调压器缓慢增加试验电压，当  $I_0$  (A) 等于负载试验的试验电流时，停止升压。移动光标到“锁定”按钮，长按 OK 键将出现图 11 正在测量的提示，此时保持调压器不动，当图 11 中的正在测量的提示消息消失后，当前测试结果已经被锁定，然后“锁定”按钮变为“重测”按钮，此时请迅速操作调压器降压至零位。

**注意：升压的过程中，要时刻关注  $U_{av}$  与  $I_0$ ，除避免过压外，更要提防试品异常时试验电流过大损坏仪器或被试品。**

[4] 在图 11 种选择“温度校正”，显示温度校正界面：



图 12 负载结果温度校正页面

该页面的参数设置值为上次试验的设置值，检查、修改使其与当前被试品一致，本仪器提供两种温度校正算法：温度系数法和国标公式法，这两种算法的公式见后面附录。

在该页面的“保存”把当前的结果保存到随机的存储器上；“打印”则通过打印机打印当前的测试结果。

## 6、谐波试验过程介绍

空载试验时，由于变压器铁芯的励磁曲线是非线性曲线，通过变压器的空载电流将有一定的谐波分量，谐波分量的多少与试验电源的容量有关。谐波试验即是在做完空载试验或负载试验后，不改变试验接线的情况下，测量此时通过变压器的电压、电流的谐波分量的情况。

[1] 先按前述的过程进行空载试验或负载试验，试验完成后，不改变接线与调压器输出电压，在系统的主界面上选择谐波试验，将出现下面的谐波分量列表页面：

双表法谐波试验						
09-02-09 11:23:33						
	AB%	CB%	CA%	Ia%	Ib%	Ic%
01	100.	100.	100.	100.	100.	100.
02	0.02	0.02	0.02	0.31	0.31	0.31
03	0.20	0.20	0.20	5.11	5.11	5.11
04	0.01	0.01	0.01	0.17	0.17	0.17
05	0.64	0.64	0.64	7.20	7.20	7.20
06	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05
07	1.44	1.44	1.44	1.59	1.59	1.59
08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
09	0.09	0.09	0.09	0.33	0.33	0.33
Σ%	1.77	1.77	1.77	9.02	9.02	9.02

图 13 谐波分量列表页面

列表中的值为各谐波分量相对于基波的百分比，本系统共分析到第 31 次谐波，第一个页面显示 1~9 次谐波的相对值，按“↑”“↓”键可以进行上下翻页以显示其他谐波分量的值。页面最下方一栏显示所有谐波的和相对于基波的百分比。

[2] 在图 13 页面中长按 OK 键，出现下面的频谱图页面：

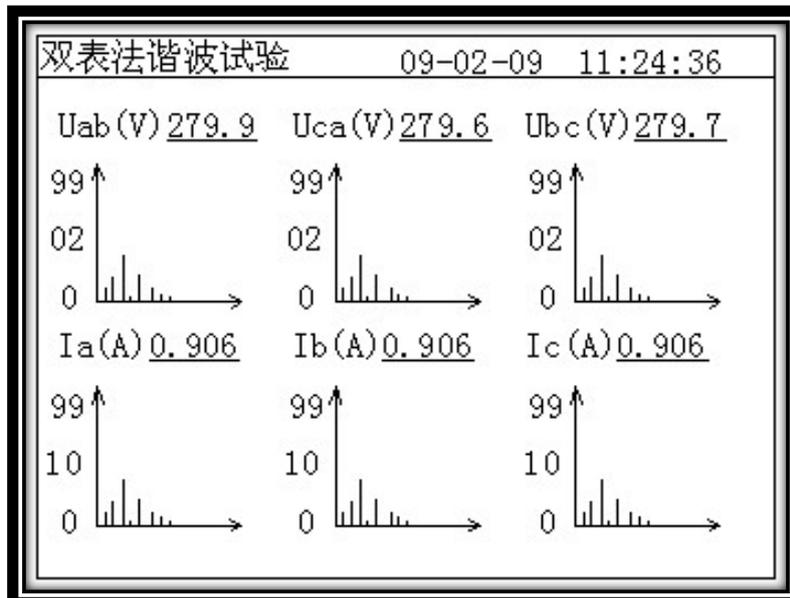


图 14 谐波分量频谱图页面

## 7、系统设置说明

[1] 在主界面中选择“系统设置”，择显示下面的界面：

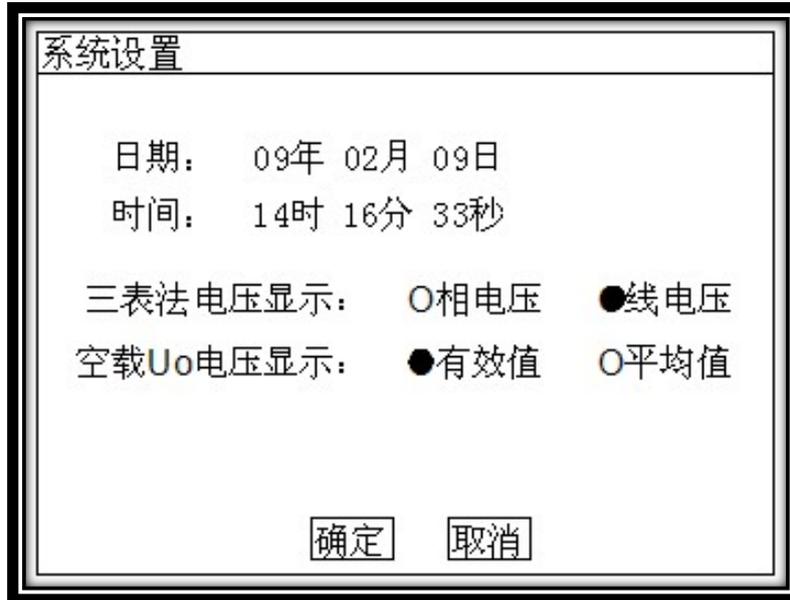


图 13 系统设置界面

[2] 在上图中可以修改系统的日期时间；

其中“三表法电压显示”决定着图 8 和图 10 中显示的电压为相电压还是线电压；

“空载  $U_0$  电压显示”决定着图 8 中的空载试验是三相电压平均值  $U_0$  的意义，根据这里的选择其是三相有效值  $U$  的平均值还是三相电压平均值  $U_m$  的平均值。

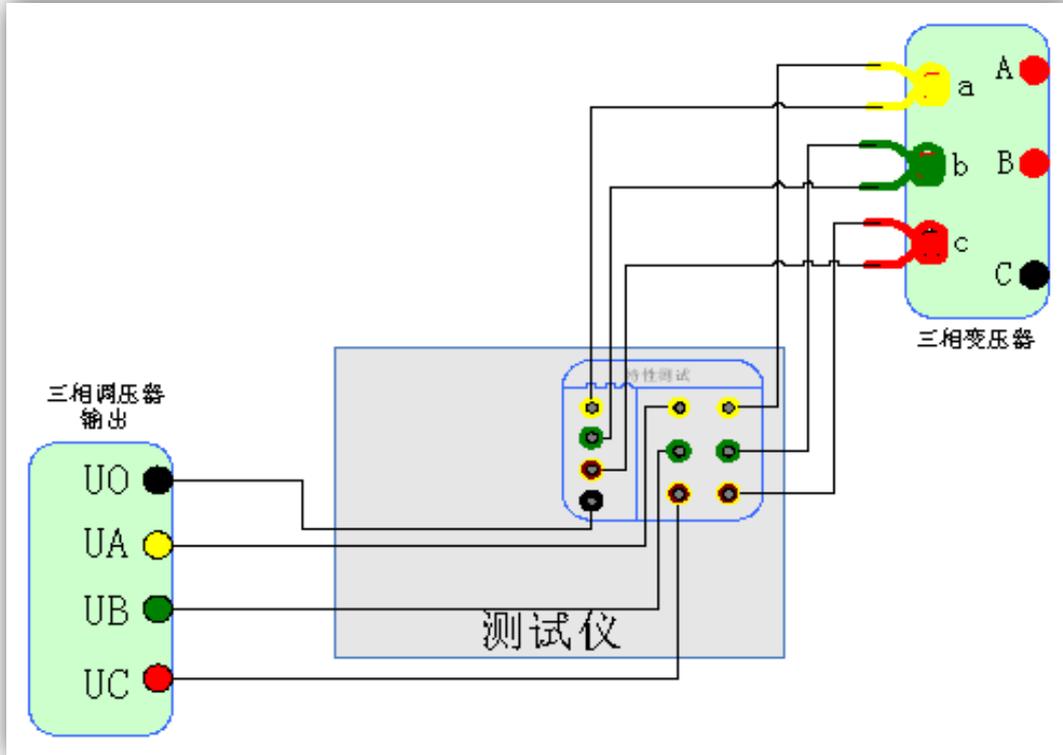
注：在我司某些版本的仪器中，如果内部已经接成了双表法，则这里的设置对结果没有影响。

有些版本的仪器中也没有  $U_0$  意义的选项，此时  $U_0$  为三相有效值的平均值。

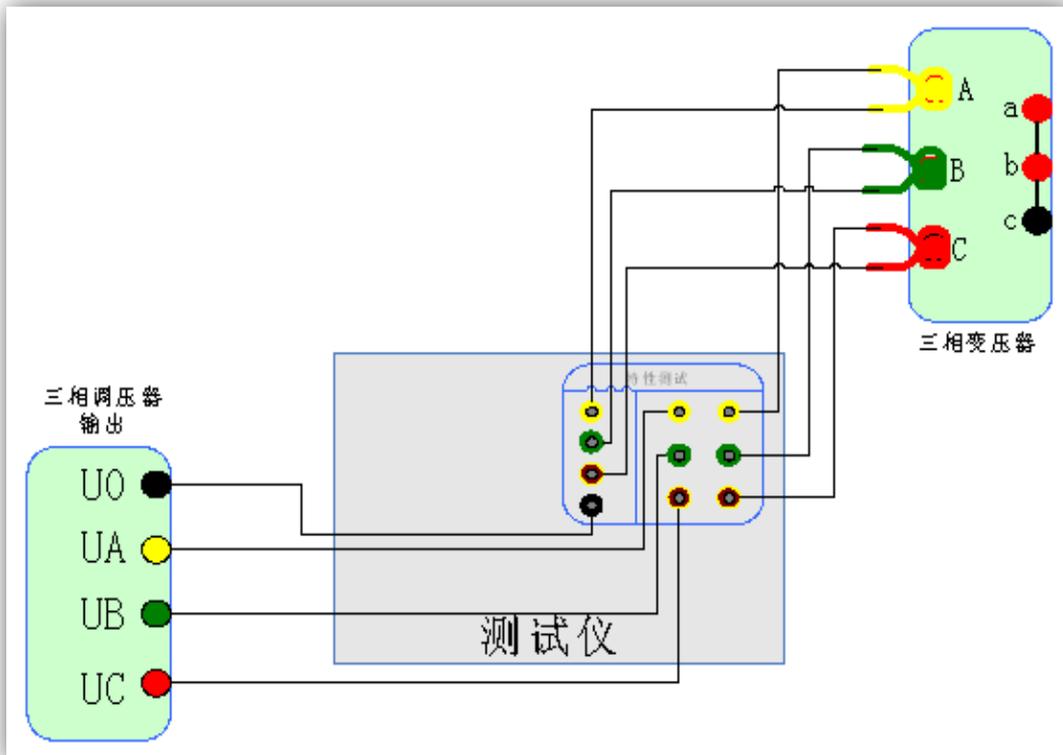
## 六、附录

### 1、试验接线图

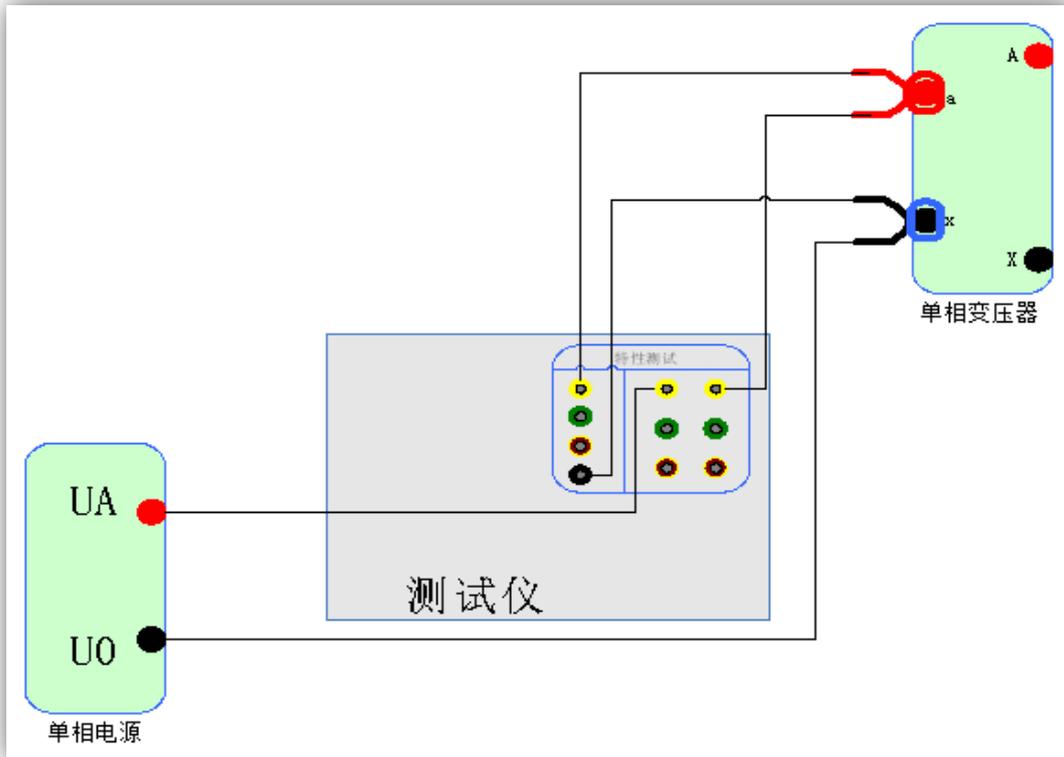
[1] 三相变压器空载试验接线图



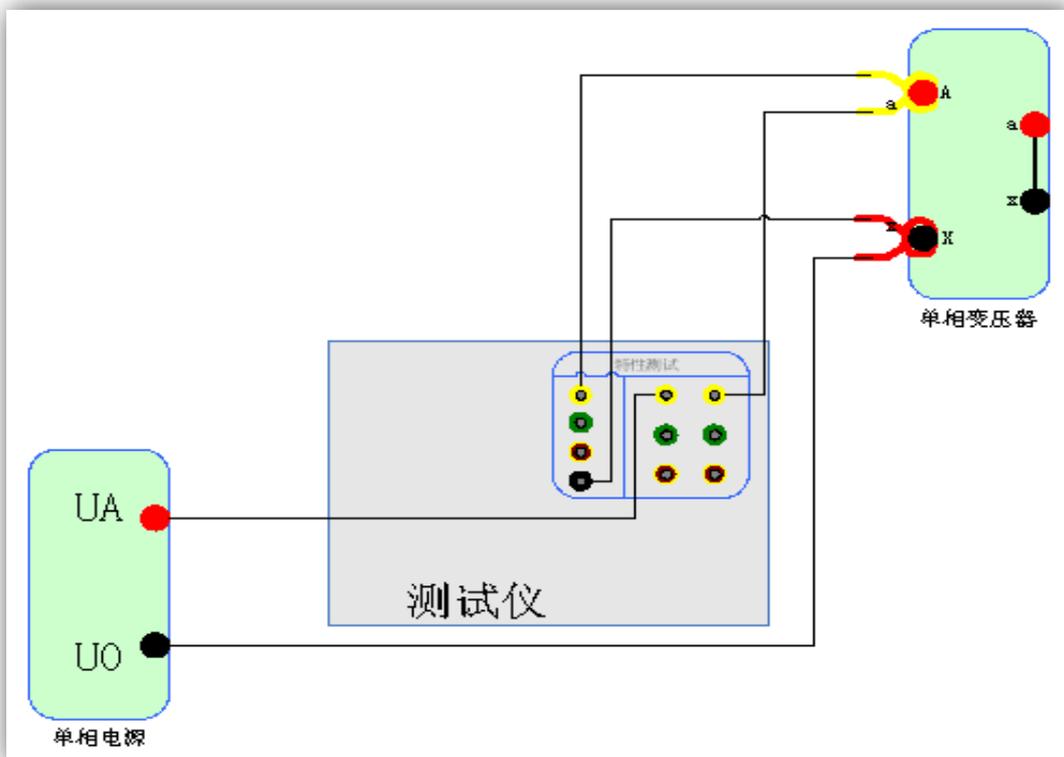
[2] 三相变压器负载试验接线图



[3] 单相变压器空载试验接线图

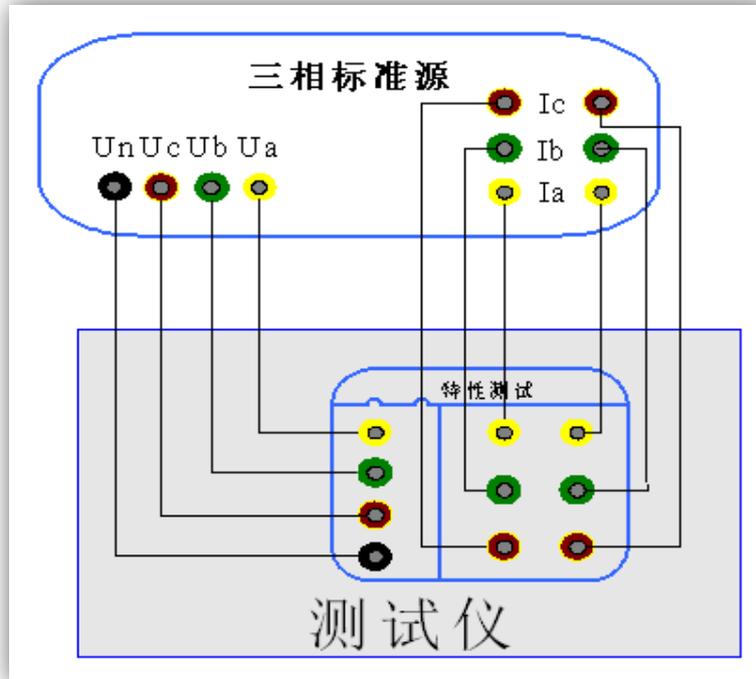


[4] 单相变压器负载试验接线图

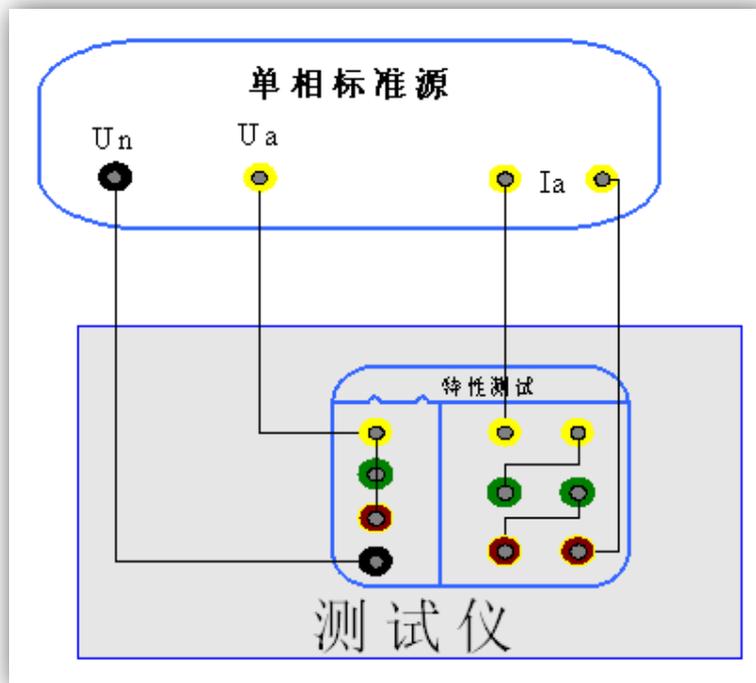


## 2、仪器检定方法

- [1] 所需仪器：误差小于 0.1% 的三相标准源或者单相标准源；  
 [2] 接线图：仪器与三相标准源的接线图如下：



仪器与单相标准源的接线图如下：



- [3] 打开仪器首先进入如图 15 所示的系统设置界面，选择“三表法电压显示”为相电压，然后按“确定”保存；

[4] 进入空载试验的数据页面，设定标准源输出电压电流，检定该页面下的实测电压、电流以及实测功率  $P_m$  (kW) 与标准源的输入值之间的误差；

[5] 特别说明：检定电流通道时，需要向电压通道施加 100VAC 的电压，否则电流测量不稳定。检定电压通道时，对电流通道则无要求。

### 3、显示结果说明及理论计算公式

“双表法”指双瓦特表测量变压器损耗试验方法，按三相三线制接线，“三表法”指三瓦特表测量变压器损耗试验方法，按三相四线制接线。

负载试验温度换算公式

$$\text{阻抗电压百分比: } u_{kt} \% = \sqrt{u_k^2 + \left(\frac{P_k}{10S_n}\right)^2} \times (k_t^2 - 1) \times 100\%$$

$$\text{短路阻抗: } z_t = u_{kt} \times \frac{u_n^2}{S_n}$$

$$\text{温度系数法换算公式为: } P_{kt} = K_t P_k$$

$$\text{国标公式法换算公式为: } P_{kt} = \frac{P_k + \sum I_n^2 R_T (K_t^2 - 1)}{K_t}$$

上述公式符号含义：

$t$  —校正的目标温度，也即 75 或 120

$T$  —当前环境温度

$t_R$  —测量电阻时的温度

$$K_t \text{ —当前环境温度换算到 } t \text{ (75 或 120) 度的温度系数, } K_t = \frac{235 + t}{235 + T}$$

$$K_R \text{ —将测量电阻时的温度换算到当前环境温度 } T \text{ 的温度系数, } K_R = \frac{235 + T}{235 + t_R}$$

$$U_o \text{ —实测三相电压有效值的平均值, } U_o = (U_{ab} + U_{bc} + U_{ca}) / 3$$

$$I_o \text{ —实测三相电流有效值的平均值, } I_o = (I_a + I_b + I_c) / 3$$

$$P'_k \text{ —实测变压器总损耗功率, 两表法 } P'_k = P_{ab} + P_{bc}, \text{ 三表法 } P'_k = P_a + P_b + P_c$$

$$u_k \text{ —当前温度下阻抗电压百分比, } u_k = (U_o / U_n) * (I_n / I_o)$$

$$P_k \text{ —当前温度下, 折算到额定电流的总损耗功率, } P_k = P'_k * (I_n / I_o)$$

$U_n$ —施加电压测的额定电压，若电压从高压侧施加则为  $U_{n1}$ ，若电压从低压侧施加则为  $U_{n2}$ 。

$I_n$ —施加电压侧的额定电流，若电压从高压侧施加则为  $I_{n1}$ ，若电压从低压侧施加则为  $I_{n2}$ 。

$S_n$ —所测变压器的额定容量（单位为 kVA）。

$U_{n1}/U_{n2}$ —分别表示被测变压器高压侧和低压测的额定电压。

$I_{n1}/I_{n2}$ —分别表示被测变压器高压侧和低压测的额定电流。

$\Sigma I_n^2 R$ ——被测试变压器高、低压侧三相绕线的电阻损耗（单位：W）；“Y”与“D”型接法的电阻损耗= $1.5I_n^2 R_x$ 。“Yn”型接法的电阻损耗= $3I_n^2 R_{xn}$ ，其中  $R_x$ ——人工键入高/低压侧的线电阻， $R_{xn}$ ——人工键入高/低压侧的相电阻（ $x=1$ 或 $2$ ）。

$\Sigma I_n^2 R_T$ ——折算到当前温度的变压器绕线电阻损耗， $\Sigma I_n^2 R_T = K_R * \Sigma I_n^2 R$ 。

#### 4、常见故障排除方法

[1] 开机无显示：先关机，检查保险丝是否烧断，可更换保险。

[2] 屏幕突然黑屏：可按复位键，重新开始测量。

[3] 测量及运算结果不正确：检查外部接线，是否按说明书操作，是否有接触不良或接错线；相关参数设置不正确。

[4] 空载试验的结果跳动较大，请注意试验电源需要与车间行吊等大功率冲击型设备所使用的电源分开。