

## 尊敬的顾客

感谢您购买本公司产品。在初次使用该仪器前，请您详细地阅读使用说明书，将可帮助您正确使用该仪器。



我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许的差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。



由于输入输出端子、测试接线柱等均有可能带电，您在插拔测试线、电源插座时，可能产生电火花，小心电击。为避免触电危险，务必遵照说明书操作！

## ◆ 慎重保证

本公司生产的产品，自发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

## ◆ 安全要求

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

*只有合格的技术人员才可执行维修。*

### —防止火灾或人身伤害

**仔细检查仪器。**在使用仪器前，请仔细检查仪器机壳。切勿使用已损坏的仪器。检查是否有裂纹或缺少塑料件。特别注意接头周围的绝缘。

**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。

**使用适当的电源线。**只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

**注意所有终端的额定值。**为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。请勿在连接端子之间或任何端子与地之间施加高于仪器额定值的电压。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

**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。

**正确地连接和断开。**当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

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

**请勿在有爆炸性气体、蒸汽或粉尘环境中操作。**

**保持适当的通风。**

**保持产品表面清洁和干燥。**

## **—安全术语**

---

**警告：**警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

---

---

**小心：**小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

# 目 录

1 概述 .....	5
2 主要功能与特点 .....	5
3 主要技术指标 .....	6
4 面板介绍 .....	7
5 操作使用说明 .....	8
5.1 智能电量管理 .....	8
5.2 打印机使用说明 .....	8
5.3 使用操作 .....	9
5.4 三相负载 .....	9
5.5 容量测试 .....	14
5.6 三相空载 .....	16
5.7 单相测试 .....	18
5.8 零序阻抗 .....	21
5.9 谐波分析 .....	24
5.10 存储查询 .....	25
5.11 实时时钟设置 .....	25
6 注意事项 .....	27
附录一：单相电源空载损耗试验接线图 .....	28
附录二：单相电源负载损耗试验接线图 .....	28
附录三：低电压下的空载损耗的校正 .....	28
附录四：空载损耗试验时试验电源容量的确定 .....	29
附录五：负载损耗试验时试验电源容量的确定 .....	29
附录六：10kV 油浸式三相双绕组无励磁调压配电变压器能效等级 ...	30
附录七：10kV 干式三相双绕组无励磁调压配电变压器能效等级 .....	31

# 1 概述

本测试仪是专用于配电变压器能效等级的测试，并具有配电电力变压器容量测量、变压器空载及短路损耗测量，并具有谐波分析功能，方便对现场电网质量的分析。该仪器电路设计精巧，思路独特，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。同时仪器测量引入了必要的校正（如：电压校正、电流校正、温度校正、频率校正），从而使其性能优越，功能强大，体积小，重量轻，操作简单方便，数据准确可靠，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。仪器使用大容量锂电池供电，以保证仪器的超长使用时间，大大提高工作效率，减轻劳动强度。

随着节能配电变压器的推广，对于配变能效等级的测量与判断越来越重要，本仪器具有独特的能效等级判断功能，可针对配变的能效等级进行准确的判断与划分。

## 2 主要功能与特点

### 2.1 负载损耗的测量

显示三相电压、三相电流、三相功率，自动计算出变压器的阻抗电压百分比，折算到额定温度、额定电流下的负载损耗，自动判断出油浸式或干式配电变压器的铁芯型号，测试过程中具有报警自适应提示功能，方便现场用户使用。

### 2.2 空载损耗的测量

仪器显示三相电压、三相电流、三相功率，仪器显示施加电源波形的畸变率，自动计算出变压器的空载电流折算到额定电压下且进行了波形畸变校正的空载损耗，并显示油浸式或干式配电变压器铁芯的型号。

### 2.3 能效等级测量

仪器可对 10kV 配电变压器的能效等级进行准确的测量与判断，并且对应能效等级，油浸式变压器损耗可测量到 S22（电工钢带）和 SH25（非晶合金）；干式变压器损耗可测量到 SCB18（电工钢带）和 SCBH19（非晶合金）。

## 2.4 单相的测量

可用于检查变压器单相的缺陷或用于现场无三相电的情况。仪器可记录三次单相测量的数据，并可根据变压器不同的联结方式计算出变压器的空载电流、空载损耗、阻抗电压和负载损耗。

## 2.5 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。

## 2.6 容量的测量

仪器内置可充电锂电池，本身可输出三相正弦波逆变电源，输出电压自动调节，具有软启、软停功能，无需任何外部电源可实现配电变压器容量的测量和型号的判断，同时显示变压器阻抗电压和折算到额定温度、额定电流下的负载损耗。

2.7 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、电流互感器，仪器可设置外接电压、电流互感器的变比，直接显示施加的电压、电流的值。

2.8 仪器具有谐波分析功能，可测量多次谐波的含有率及总畸变率，并带有原始波形及柱状图显示。

2.9 仪器采用大屏幕液晶显示，可在同一屏幕显示三相电压、三相电流、三相功率、三相平均电压、平均电流、三相总功率和相关数据。显示使用中文菜单，中文提示，操作简单。

2.10 交直流两用：锂电池供电或者 220V 交流充电器供电自适应。

2.11 智能充电管理，剩余电量显示，低电量报警，背光自动调节，省电。

2.12 不掉电时钟和日期显示；数据存储方式分为本机存储和优盘存储，其中本机存储可存储测试数据 200 条，并且本机存储可转存至优盘；优盘存储数据格式为 Word 格式，可直接在电脑上编辑打印。

2.13 热敏打印机打印功能，快速、无声。

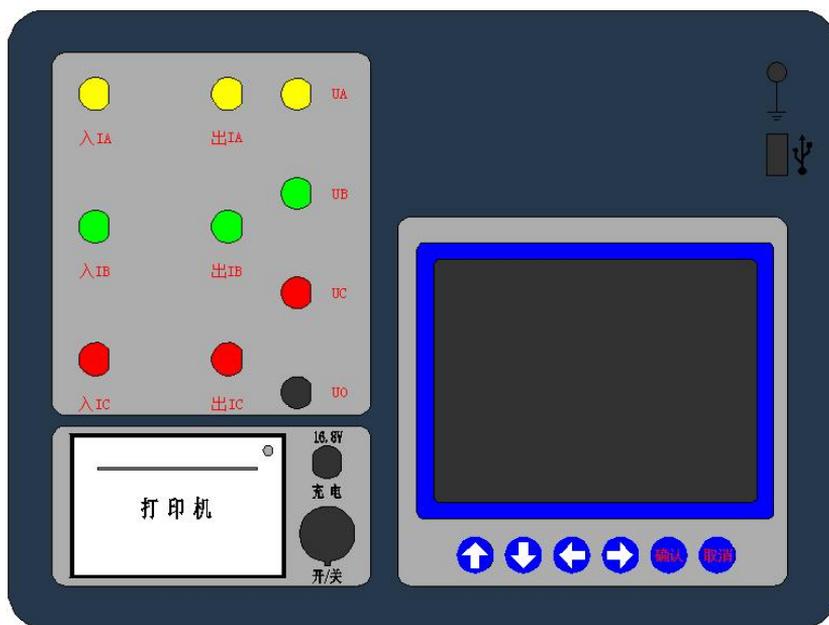
2.14 人机交互界面更加友好：屏幕顶部状态栏实时显示优盘插入状态，对未连接的设备进行操作时，显示相应的未连接提示信息。

2.15 体积小、重量轻，方便携带使用。

## 3 主要技术指标

3.1 基本测量精度：电压、电流  $\pm$ （读数 $\times$ 0.2%+2 字）





图一

## 5 操作使用说明

### 5.1 智能电量管理

仪器在长时间未操作时，自动调暗液晶背光并发出声音提示，以节省电量；仪器带低电量充电提示功能、过放保护功能；仪器电量低时可插入仪器配套充电器充电，并可在充电过程中对仪器进行正常操作使用。

### 5.2 打印机使用说明

打印机按键和打印机指示灯是一体式。打印机上电后，正常时指示灯为常亮，缺纸时指示灯闪烁。按一次按键，打印机走纸。

打印机自检：按住按键不放，同时给打印机上电，即打印出自检条。

打印机换纸：扣出旋转扳手，打开纸仓盖，把打印纸装入，并拉出一截(超出一点撕纸牙齿)，注意把纸放整齐，纸的方向为有药液一面(光滑面)向上；合上纸仓盖,打印头走纸轴压齐打印纸后稍用力把打印头走纸轴压回打印头，并把旋转扳手推入复位。

## 5.3 使用操作

所有测试线接好以后，打开电源开关，仪器初始化后进入“主菜单”屏，见图二。



图二

此时顶栏显示仪器运行时间和电池电量图标，当优盘插入时自动显示优盘图标，中间显示功能选项，底部显示硬件、软件版本号。

按“上下”、“左右”键选择相应功能选项，按“确认”键进入所选功能菜单。

## 5.4 三相负载

### 5.4.1 三相负载参数设置

在“主菜单”屏下选中“三相负载”项后，按“确认”键进入“三相负载参数设置”屏，见图三。



图三

“试品类型”、“试验编号”、“额定容量”、“额定高压”、“试品油温”、“折算温度”、“折算公式”、“高压直阻”、“低压直阻”、“低压电流”、“PT 变比”、“CT 变比”、“测试电源”为菜单选项，其右边所属各项为功能参数。“说明”部分是对所选功能的解释说明。当菜单选项被选中时，按“上下”键选择不同菜单功能，按“左右”键选择菜单选项所属功能参数，按“确认”键跳转到“开始测试”选项；当菜单选项所属功能参数被选中时，按“上下”键修改参数，按“确认”键或“取消”键返回菜单选项；当“开始测试”选项被选中时，按“确认”键开始按当前设置的参数进行测试，按“取消”键返回菜单选项。

**试品类型：**变压器按绝缘形式分为“油浸式变压器”和“干式变压器”，其中“油浸式变压器”的联结组别可选择“Yyn0”、“Yzn11”、“Dyn11”，因为变压器不同绝缘形式、不同联结组别的负载损耗是不同的，因此只有准确输入此参数才能正确判断变压器型式。其中铁芯类型选项可选择“电工钢带”、“非晶合金”，因为如果涉及到能效等级判断，这两种铁芯类型的判断标准不同，因此只有准确输入此参数才能正确判断能效等级。

**试验编号：**设置本次试验的编号。

**额定容量：**设置被测变压器的额定容量值，单位 kVA。

**额定高压：**设置被测变压器的高压侧额定电压值（变压器的分接档位必须在额定档），单位 kV。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负载损耗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值。只有 10kV 电压等级的配变才会有能效等级判断。

**试品油温：**设置被测变压器的当前温度值。

**折算温度：**用于对测试结果做温度校正，国标要求油浸式变压器的负载损耗应在温度为 75℃ 时进行，干变根据不同要求分别为 100℃、120℃、145℃，所以必须将测试结果校正到折算温度才能正确判断变压器形式。

折算公式：负载损耗进行温度折算时使用的公式。当附加损耗比较小时，可以忽略附加损耗时可以使用“折算公式 1”；当附加损耗不可忽略时，可以使用“折算公式 2”，此时需要设置高压直阻、低压直阻和低压电流。

高压直阻：使用“折算公式 2”时才需要设置。指高压侧三相线间直流电阻平均值，即  $(R_{AB}+R_{BC}+R_{CA})/3$ ，单位  $\Omega$ 。

低压直阻：使用“折算公式 2”时才需要设置。指低压侧三相线间直流电阻平均值，即  $(R_{ab}+R_{bc}+R_{ca})/3$ ，单位  $m\Omega$ 。

低压电流：使用“折算公式 2”时才需要设置。指被测变压器的低压侧额定电流值，单位 A。

PT 变比：当被测电压超过本仪器的电压测量范围时，需要外接电压互感器扩展量程进行电压测试。此时需要根据外接电压互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 10kV/400V 的 PT 时，应将 PT 变比设置为 25。

CT 变比：当被测电流超过本仪器的电流测量范围时，需要外接电流互感器扩展量程进行电流测试。此时需要根据外接电流互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 100A/10A 的 CT 时，应将 CT 变比设置为 10。

测试电源：测试时使用的电源。外加电源：使用外接调压器进行负载测试；内置电源：使用仪器内部电源进行负载测试，不需要其它外部辅助设备，简单方便。

#### 5.4.2 三相负载测试

在完成参数设置后开始进行测试，使用“外加电源”测试时，进入“正在测试”屏，见图四，时时刷新测试数据，此时按“确认”键进入“测试结果”屏，见图五，按“取消”键返回上一屏。

**注意：**在“正在测试”屏时，仪器带有自适应报警提示功能，依据 JB/T501-2008 中 14.1 规定，在进行负载测试时，施加电流达到额定电流的 50%以上即可，因此仪器按额定电流的 50%作为参考值，当施加电流越接近参考值时报警频率越高，越远离参考值时报警频率越低，利用此功能，现场用户在使用外接调压器试验时可根据报警频率来判断是否加压完成，更方便现场使用。在此界面下按任意键取消提示报警功能。



图四



图五

使用“内置电源”测试时，完成后直接进入“测试结果”屏，如果接线不正常，仪器会自动提示“请检查接线!!”。

在“测试结果”屏下，按“左右”键选择“继续测试”、“保存结果”、“打印结果”，按“确认”键执行当前选项，按“取消”键返回上一屏。

测试结果中，UP 指三相所加电压平均值；IP 指三相所加电流平均值；ΣP 指三相功率和；功率因数指三相所加信号功率因数平均值；阻抗电压是进行完温度校正和频率校正后的值；额定损耗是进行完温度校正后的值。

如果在判定“试品类型”时显示“未知”，说明变压器类型在两种类型之间，无法归类。

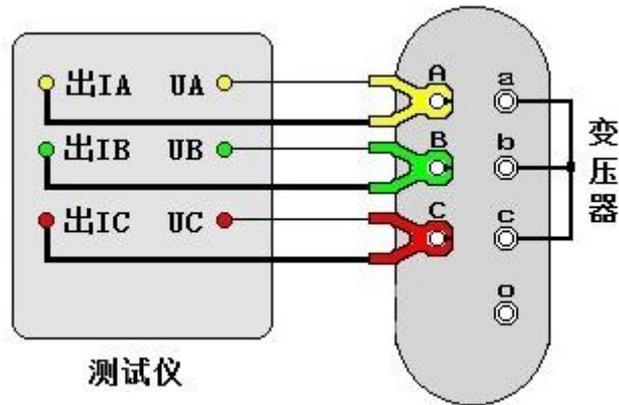
只有 10KV 配变才有能效等级判断功能。

依据 JB/T501-2006 中 14.9 要求，试验时，应保证外加试验电源的频率在  $50\text{Hz} \pm 5\%$  范围内。

### 5.4.3 三相负载测试接线

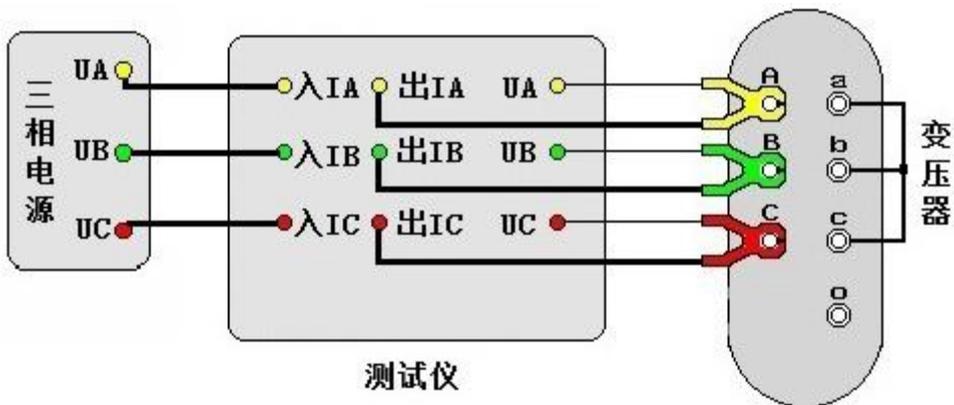
#### 5.4.3.1 使用内置电源

将仪器的电流输出端子“出 IA”、“出 IB”、“出 IC”及电压端子“UA”、“UB”、“UC” 分别接到变压器的高压侧，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，接线见图六。



图六

#### 5.4.3.2 使用外加电源



图七

将三相电源的“UA”、“UB”、“UC” 分别接入仪器的电流输入端子“入 IA”、“入 IB”、“入 IC”，将仪器的电流输出端子“出 IA”、“出 IB”、“出 IC”及电压端子“UA”、“UB”、“UC” 分别接到变压器的高压侧，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

线见图七。

## 5.5 容量测试

### 5.5.1 容量测试参数设置

在“主菜单”屏下选中“容量测试”项后，按“确认”键进入“容量测试参数设置”屏，见图八。

2021/10/13 星期三 16:43:12		
容量测试 > 参数设置		
试品类型	油浸 组别:Yyn0 铁芯:电工钢带	
阻抗电压	4.00 %	<p>&lt;说明&gt; 设置变压器的不同类型。</p> <p>开始测试</p>
试验编号	000000	
额定高压	10.000 kV	
额定低压	0.4000 kV	
试品温度	+25.00 °C	
折算温度	+75.00 °C	
测试电源	内置电源	

图八

具体使用操作参照 5.4.1。

**试品类型：**变压器按绝缘形式分为“油浸式变压器”和“干式变压器”，其中“油浸式变压器”的联结组别可选择“Yyn0”、“Yzn11”、“Dyn11”，因为变压器不同绝缘形式、不同联结组别的负载损耗是不同的，因此只有准确输入此参数才能正确判断变压器型式。其中铁芯类型选项可选择“电工钢带”、“非晶合金”，因为如果涉及到能效等级判断，这两种铁芯类型的判断标准不同，因此只有准确输入此参数才能正确判断能效等级。

**阻抗电压：**若已知阻抗电压应输入阻抗电压，若不知阻抗电压必须输入 0，仪器可自动进行判断；当测试非标变压器时，需正确输入此参数，才可测出实际容量。

**试验编号：**设置本次试验的编号。

**额定高压：**设置被测变压器的高压侧额定电压值（变压器的分接档

位必须在额定档), 单位 kV。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负载损耗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。只有 10KV 电压等级的配变才会有能效等级判断。

额定低压: 设置被测变压器的低压侧额定电压值, 单位 kV。

试品油温: 设置被测变压器的当前温度值。

折算温度: 用于对测试结果做温度校正, 因容量判断主要的依据为变压器的短路试验的数据包括阻抗电压和负载损耗, 我们将所测出的实际数据, 按要求校正到折算温度下, 再查表得到被试变压器的实际容量; 国标要求油浸式变压器的负载损耗应在温度为 75℃ 时进行, 干变根据不同要求分别为 100℃、120℃、145℃, 所以必须将测试结果校正到折算温度才能正确判断变压器容量。

测试电源: 进行测试时使用的电源。外加电源: 使用外接调压器进行容量测试; 内置电源: 使用仪器内部电源进行变压器容量测试, 不需要其它外部辅助设备, 简单方便。

### 5.5.2 容量测试

在完成参数设置后开始进行测试, 使用“外加电源”测试时, 进入“正在测试”屏, 时时刷新测试数据, 此时按“确认”键进入“测试结果”屏, 见图九, 按“取消”键返回上一屏。

使用“内置电源”测试时, 完成后直接进入“测试结果”屏。



2021/10/13 星期三 16:44:30		
容量测试 > 测试结果		
电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)
UAB: 11.400	IA: 0.0939	PA: 0.2489
UBC: 11.398	IB: 0.0925	PB: 0.2508
UCA: 11.400	IC: 0.0930	PC: 0.2604
UP : 11.400	IP: 0.0931	ΣP: 0.7602
实测容量: 56.635kVA 阻抗电压: 3.6757%		
判断容量: 50.000kVA 额定损耗: 890.27W		
试品类型: S11及以上 能效等级: 3级		
继续测试	保存结果	打印结果

图九

在“测试结果”屏下，按“左右”键选择“继续测试”、“保存结果”、“打印结果”，按“确认”键执行当前选项，按“取消”键返回上一屏。

测试结果中，UP 指三相所加电压平均值；IP 指三相所加电流平均值；ΣP 指三相功率和；功率因数指三相所加信号功率因数平均值；阻抗电压是进行完温度校正和频率校正后的值；额定损耗是进行完温度校正后的值。

如果在“判断容量”时显示“未知”，说明变压器容量在两种容量类型之间，无法归类。如果在判定“试品类型”时显示“未知”，说明变压器类型在两种类型之间，无法归类。

只有 10KV 配变才有能效等级判断功能。

依据 JB/T501-2006 中 14.9 要求，试验时，应保证外加试验电源的频率在 50Hz±5%范围内。

### 5.5.3 容量测试接线

具体接线操作参照 5.4.3。

## 5.6 三相空载

### 5.6.1 三相空载参数设置

在“主菜单”屏下选中“三相空载”项后，按“确认”键进入“三相空载参数设置”屏，见图十。

2021/10/13 星期三 16:46:02		
三相空载 > 参数设置		
<b>试品类型</b>	油浸式变压器	
试验编号	000000	<说明> 设置变压器的不同 类型。  <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">开始测试</div>
额定容量	50.000 kVA	
额定高压	10.000 kV	
额定低压	0.4000 kV	
PT 变比	1.000	
CT 变比	1.000	

图十

具体使用操作参照 5.4.1。

试品类型：变压器按绝缘形式分为“油浸式变压器”和“干式变压

器”，当选择“干式变压器”时还需要设置变压器的阻抗电压。在进行空载试验时，此参数须设置正确才能准确判断变压器形式。

试验编号：设置本次试验的编号。

额定容量：设置被测变压器的额定容量值，单位 kVA。

额定高压：设置被测变压器的高压侧额定电压值，单位 kV。

额定低压：设置被测变压器的低压侧额定电压值，单位 kV。

PT 变 比：当被测电压超过本仪器的电压测量范围时，需要外接电压互感器扩展量程进行电压测试。此时需要根据外接电压互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 10kV/400V 的 PT 时，应将 PT 变比设置为 25。

CT 变 比：当被测电流超过本仪器的电流测量范围时，需要外接电流互感器扩展量程进行电流测试。此时需要根据外接电流互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 100A/10A 的 CT 时，应将 CT 变比设置为 10。

### 5.6.2 三相空载测试

在完成参数设置后开始进行测试，进入“正在测试”屏，见图十一，时时刷新测试数据，此时按“确认”键进入“测试结果”屏，见图十二，按“取消”键返回上一屏。

2021/10/13 星期三 16:48:21		
三相空载 > 正在测试		应加电压: 399.87V
电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)
Uab: 401.60	Ia: 1.1908	Pa: 26.006
Ubc: 399.95	Ib: 0.8694	Pb: 36.893
Uca: 401.05	Ic: 1.1405	Pc: 103.72
Up : 400.87	Ip: 1.0669	Σp: 166.64
空载电流: 1.4747%	功率因数: 0.2408	
额定损耗: 166.80W	加压频率: 49.983Hz	
试品类型: S9	能效等级: 大于3级	
测试完成		

图十一

2021/10/13 星期三 16:48:46		
三相空载 > 测试结果		应加电压: 399.75V
电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)
Uab: 401.05	Ia: 1.1909	Pa: 25.369
Ubc: 399.30	Ib: 0.8624	Pb: 36.633
Uca: 401.09	Ic: 1.1410	Pc: 104.33
Up : 400.49	Ip: 1.0648	Σp: 166.33
空载电流: 1.4728%	功率因数: 0.2412	
额定损耗: 166.78W	加压频率: 49.969Hz	
试品类型: S9	能效等级: 大于3级	
继续测试    保存结果    打印结果		

图十二

在“测试结果”屏下，按“左右”键选择“继续测试”、“保存结果”、“打印结果”，按“确认”键执行当前选项，按“取消”键返回上一屏。

测试结果中， $U_p$  指三相所加电压平均值； $I_p$  指三相所加电流平均值； $\Sigma p$  指三相功率和；功率因数指三相所加信号功率因数平均值；畸变系数

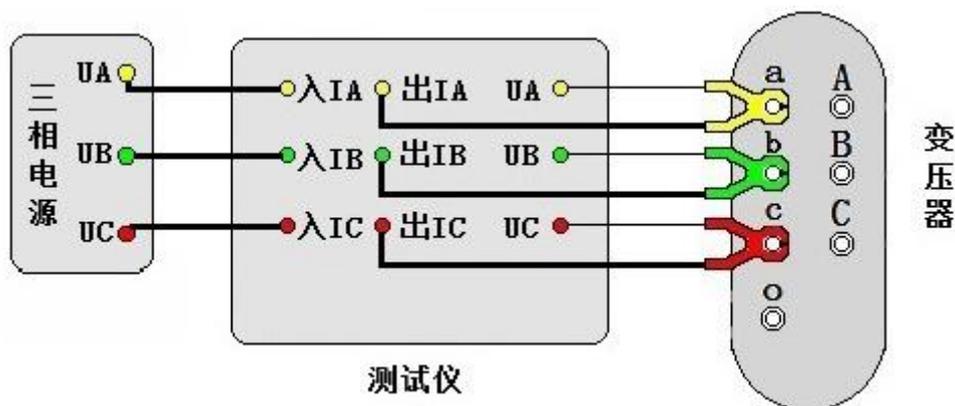
指电压波形畸变系数；空载电流是进行完频率校正后的值；额定损耗是进行完波形校正、频率校正、电压校正后的值，其中频率校正时，P1(磁滞损耗与总的铁芯损耗之比)、P2(涡流损耗与总的铁芯损耗之比)分别取值 0.5，电压校正时铁芯硅钢片种类按冷轧处理，指数 n 取 2。

如果在判定“试品类型”时显示“未知”，说明变压器类型在两种类型之间，无法归类。

只有 10KV 配变才有能效等级判断功能。

### 5.6.3 三相空载测试接线

将三相电源的“UA”、“UB”、“UC”分别接入仪器的电流输入端子“入 IA”、“入 IB”、“入 IC”，将仪器的电流输出端子“出 IA”、“出 IB”、“出 IC”及电压端子“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的低压侧，变压器的高压侧开路，接线见图十三。



图十三

## 5.7 单相测试

当现场无三相电源或需要检查变压器单相故障时需用单相法测量。在“主菜单”屏下选中“单相测试”项后，按“确认”键进入“单相测试功能选择”屏，见图十四。



图十四

**注意：**针对变压器不同联结方式，单相折算三相时公式不同，不能选错。

负载星接和空载星接是指被测变压器加压侧为星型接法，负载角接和空载角接是指被测变压器加压侧为三角型接法。

### 5.7.1 单相负载测试

单相负载测试的参数设置参考 5.4.1。

在完成参数设置后开始进行测试，进入“正在测试”屏，见图十五。



图十五

在“正在测试”屏下，按“上下”键选择加压绕组，按“确认”键锁定加压绕组数据或取消锁定。待三相绕组数据都锁定后按“左右”键完成三相折算。

测试时，测量完一相后，调压器归零断电，改变外部变压器的接线，

然后按“上下”键选择与之相对应的加压绕组，调压器升压，升到额定电流后，按“确认”键锁定当前绕组数据。待 AB、BC、CA 三相测量完成后按“左右”键进入“测试结果”屏，见图十六。

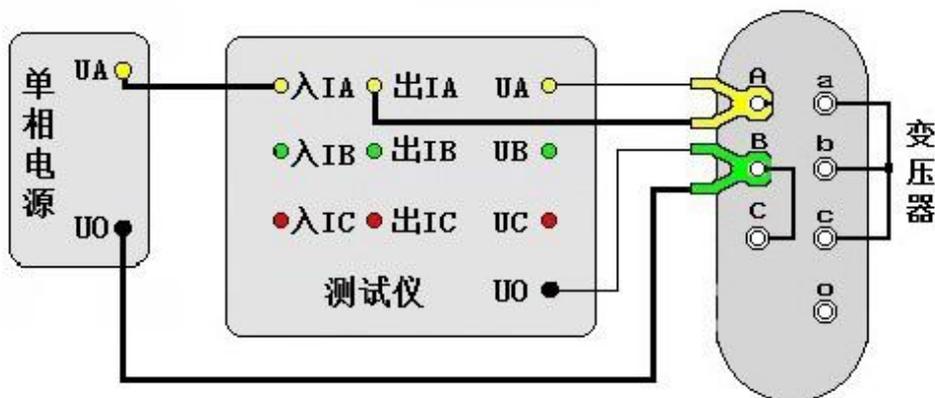


图十六

测试结果的显示定义、操作使用参考 5.4.2。

### 5.7.2 单相负载测试接线

采用单相电源，依次在变压器的高压侧 AB、BC、CA 相加压。现以高压侧为三角形连接变压器，测量 AB 相为例说明：将单相电源的“UA”接入仪器的输入端子“入 IA”，将仪器的输出端子“出 IA”及“UA”接到变压器的高压侧 A 相，单相电源的零相“U0”接到仪器的“U0”及变压器的“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，并将非测试相 BC 短路，接线见图十七。详细接线图参考附录二。



图十七

### 5.7.3 单相空载测试

单相空载测试的参数设置参考 5.6.1。

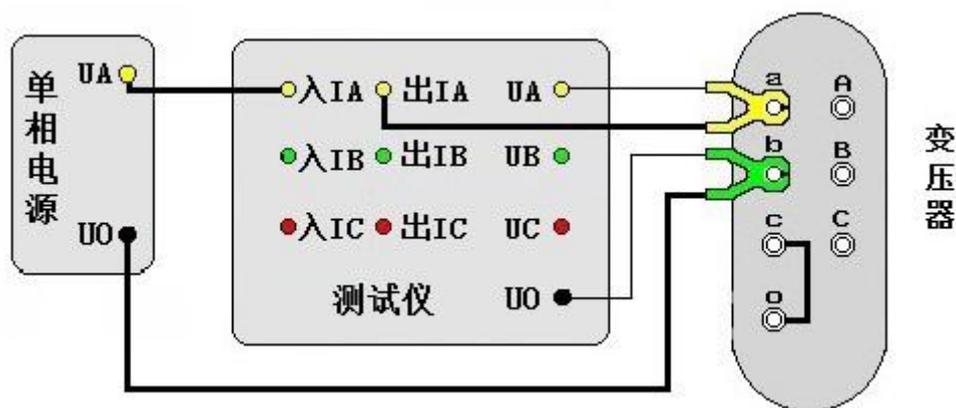
在完成参数设置后开始进行测试，进入“正在测试”屏，此屏下的使用操作参考 5.7.1。

测试结果的显示定义、操作使用参考 5.6.2。

### 5.7.4 单相空载测试接线

采用单相电源，依次在变压器低压侧 ab、bc、ca 相加压，非加压绕组应依次短路。现以低压侧星形连接带中性点引出的变压器，测量 ab 相为例说明，其它接法见附录一。

将单相电源的“UA”接入仪器的输入端子“入 IA”，将仪器的输出端子“出 IA”及“UA”接到变压器的低压侧 a 相，单相电源的零相“U0”接到仪器的“U0”及变压器的 b 相，低压侧 c、o 短路，变压器的高压侧开路，接线见图十八。



图十八

## 5.8 零序阻抗

### 5.8.1 零序阻抗参数设置

在“主菜单”屏下选中“零序阻抗”项后，按“确认”键进入“零序阻抗参数设置”屏，见图十九。



图十九

具体使用操作参照 5.4.1。

试验编号：设置本次试验的编号。

PT 变比：当被测电压超过本仪器的电压测量范围时，需要外接电压互感器扩展量程进行电压测试。此时需要根据外接电压互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 10kV/400V 的 PT 时，应将 PT 变比设置为 25。

CT 变比：当被测电流超过本仪器的电流测量范围时，需要外接电流互感器扩展量程进行电流测试。此时需要根据外接电流互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 100A/10A 的 CT 时，应将 CT 变比设置为 10。

### 5.8.2 零序阻抗测试

在完成参数设置后开始进行测试，进入“正在测试”屏，见图二十，时时刷新测试数据，此时按“确认”键进入“测试结果”屏，见图二十一，按“取消”键返回上一屏。



图二十

在“测试结果”屏下，按“左右”键选择“继续测试”、“保存结果”、“打印结果”，按“确认”键执行当前选项，按“取消”键返回上一屏。

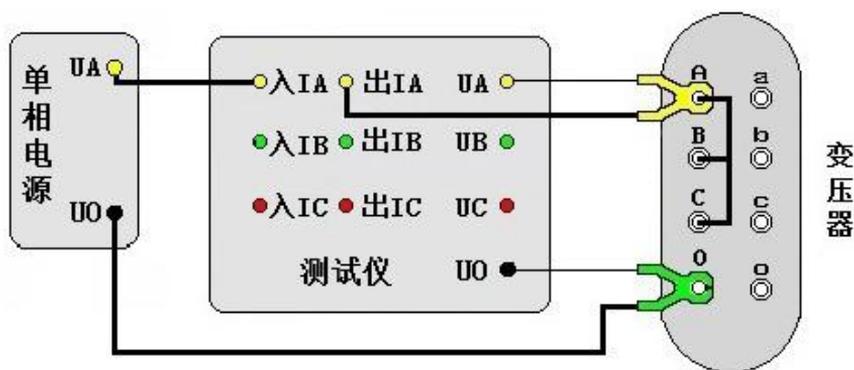
显示数据含义：

- (1) U : 电压有效值, 单位:V
- (2) I : 电流有效值, 单位:A
- (3) P : 有功功率, 单位:W
- (4) cos: 功率因数
- (5) Frq: 信号频率, 单位:Hz
- (6) |Z|: 零序阻抗, 单位:Ω
- (7) X : 零序电抗, 单位:Ω
- (8) L : 零序电感, 单位:H
- (9) Φ : 阻抗角, 单位:°
- (10) R : 零序电阻, 单位:Ω

图二十一

### 5.8.3 零序阻抗测试接线

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，将单相电源的“UA”接到仪器的“入 IA”接线端子，将变压器高压侧 A、B、C 三相短路接到仪器的“出 IA”、“UA”接线端子，将电源的零相“UO”接到仪器的“UO”接线端子及变压器高压侧的中性点，变压器低压侧开路，接线见图二十二。



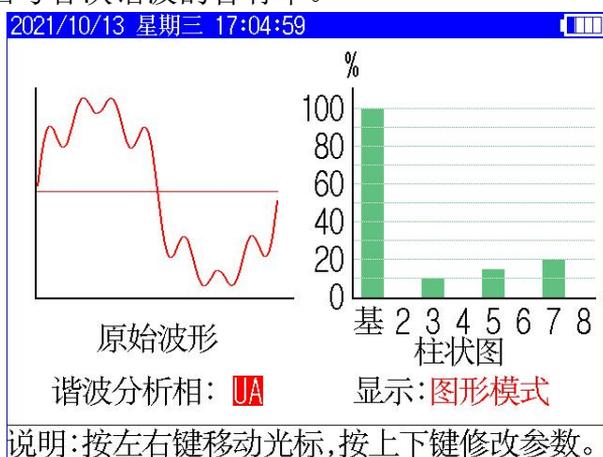
图二十二

## 5.9 谐波分析

### 5.9.1 谐波分析测试

本仪器具有谐波分析功能，可对外接试验电源的谐波进行分析测试。

在“主菜单”屏下选中“谐波分析”项后，按“确认”键进入“谐波分析测试”屏。谐波分析的显示方式分为图形模式，见图二十三，即显示外加信号的实际波形和各次谐波的柱形图；数据模式，见图二十四，即显示外加信号各次谐波的含有率。



图二十三



图二十四

当光标位于谐波分析相时，可通过“上下”键选择谐波分析相，此谐波分析相和面板端子相对应；当光标位于显示模式时，可通过“上下”键选择显示图形模式或数据模式。

### 5.9.2 谐波分析测试接线

当进行谐波分析时，将需要分析的外加试验电源信号线与面板对应

端子相连接即可，具体可参考变压器相关测试项目的接线。

## 5.10 存储查询

在“主菜单”屏下选中“存储查询”项后，按“确认”键进入，此屏幕用于查看已经保存至本机存储器的测量结果历史记录，见图二十五。



The screenshot shows a handheld device screen with a blue header bar displaying the date and time: '2021/10/13 星期三 17:09:09'. Below the header, the screen is divided into several sections. The top section shows '存储查询 > 三相负载' and '额定电流: 2.8867A'. The main data area is a table with three columns: '电压 (V)', '电流 (A)', and '功率 (W)'. The rows show data for phases UAB, UBC, UCA, and UP, along with total power (ΣP). Below the table, there are additional parameters: '加压频率: 49.991Hz', '能效等级: 3级', '阻抗电压: 3.6923%', '试品类型: S11及以上', and '额定损耗: 895.87W'. At the bottom, it shows '测试时间: 2021年10月13日 17时07分30秒' and '记录 001/003' with a right-pointing arrow.

电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)
UAB: 130.18	IA: 1.0722	PA: 32.744
UBC: 130.94	IB: 1.0536	PB: 32.158
UCA: 131.16	IC: 1.0674	PC: 34.908
UP : 130.76	IP: 1.0644	ΣP: 99.813

加压频率: 49.991Hz    能效等级: 3级  
阻抗电压: 3.6923%    试品类型: S11及以上  
额定损耗: 895.87W

测试时间: 2021年10月13日 17时07分30秒  
记录 001/003 →

图二十五

“记录 001/003”，前面的数字表示当前记录的编号（即第几条记录），后面的数字表示已存储记录总个数；按左右键可查看不同编号的记录。按“确认”键弹出功能菜单，可进行“打印记录”、“转存优盘”操作。

打印记录：将当前查询的存储数据进行打印。

转存优盘：将当前查询的存储数据转存到外接优盘。

## 5.11 实时时钟设置

在“主菜单”屏下选中“系统设置”项后，按“确认”键进入“系统设置选择”屏，然后选择“实时时钟设置”项后，按确认键进入“实时时钟设置”屏，见图二十六，此屏幕用于修改仪器时钟。



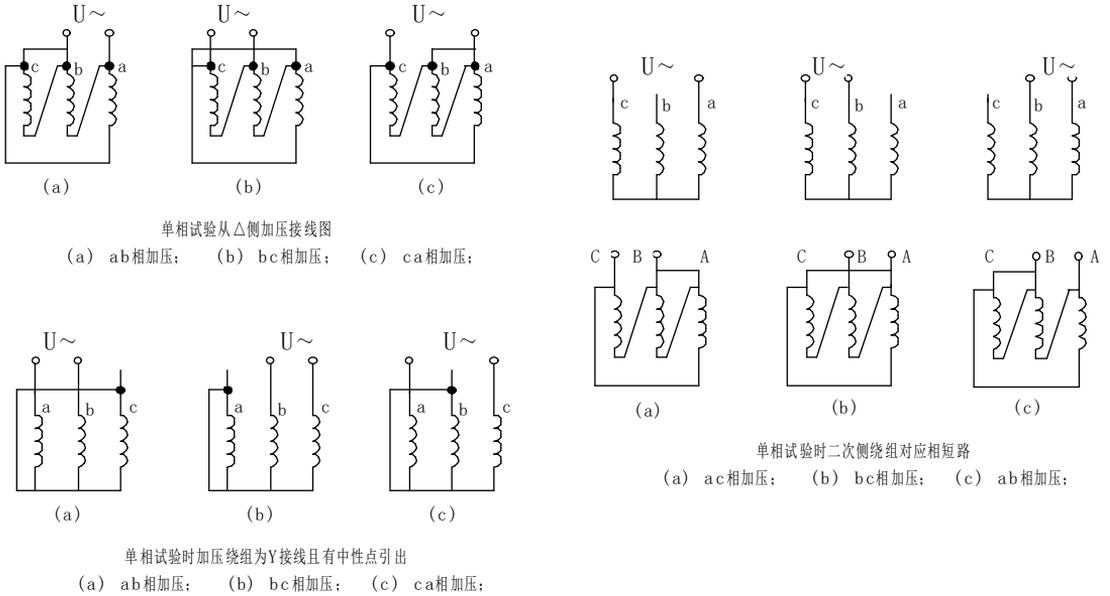
图二十六

在“实时时钟设置”屏幕，按左右键移动光标选择要修改的数据，按上下键修改选中的数值，按“确认”键保存当前设置并返回上一屏，按“取消”键放弃当前设置并返回上一屏。（注：本时钟设置功能可根据闰年自动计算二月份的天数，并能根据所设置日期自动计算出星期几。）

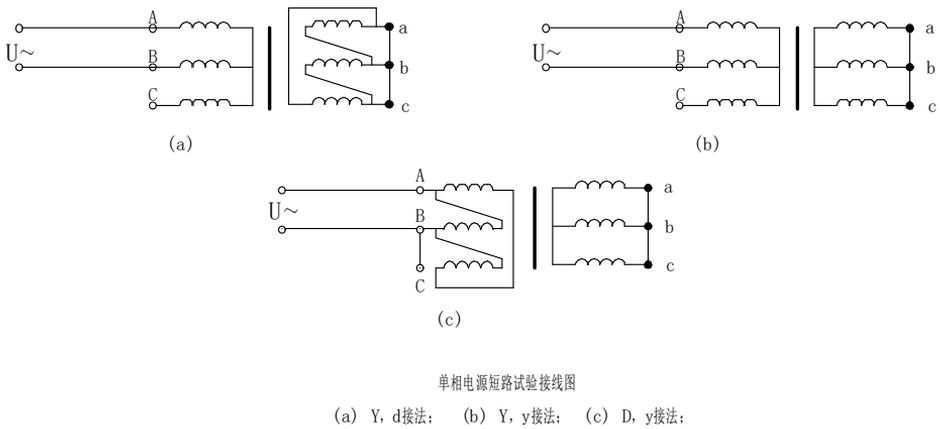
## 6 注意事项

- 6.1 使用仪器时请按本说明书接线和操作。
- 6.2 接地端子应就近可靠接地。
- 6.3 测试开始前请输入正确的设置参数，仪器内部校正运算都要依赖于输入的设置参数。
- 6.4 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。
- 6.5 电流回路用粗线连接，电压回路用细线连接。
- 6.6 试验加压时，注意监测电压、电流不要超过仪器额定值，以免损坏仪器。
- 6.7 测试过程中，不允许拆除地线及仪器接线，严禁带电接拆线操作。
- 6.8 单相测量时必须用 A 相测量。
- 6.9 为安全起见，测试完成后应储存数据，然后断开三相测试电源，再翻看测试结果数据或从存储器中仔细查看各项数据。

## 附录一：单相电源空载损耗试验接线图



## 附录二：单相电源负载损耗试验接线图



## 附录三：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：

$$P_0 = P_0' \left( \frac{U}{U'} \right)^2$$

式中：

$U'$  试验时所加电压；

$U_n$  绕组额定电压；

$P_o$  电压为  $U'$  时测得的空载损耗；

$P_o$  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  $n=2$ 。**

#### 附录四：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；

$I_0\%$  空载电流百分比。

#### 附录五：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（%）。

附录六：10kV 油浸式三相双绕组无励磁调压配电变压器能效等级

额定容量 kVA	1 级						2 级						3 级						短路 阻抗 %
	电工钢带			非晶合金			电工钢带			非晶合金			电工钢带			非晶合金			
	空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		
		Dyn11/Yzn11	Yyn0																
30	65	455	430	25	510	480	70	505	480	33	535	510	80	630	600	33	630	600	
50	80	655	625	35	735	700	90	730	695	43	780	745	100	910	870	43	910	870	
63	90	785	745	40	880	840	100	870	830	50	930	890	110	1 090	1 040	50	1 090	1 040	
80	105	945	900	50	1 060	1 010	115	1 050	1 000	60	1 120	1 070	130	1 310	1 250	60	1 310	1 250	
100	120	1 140	1 080	60	1 270	1 215	135	1 265	1 200	75	1 350	1 285	150	1 580	1 500	75	1 580	1 500	
125	135	1 360	1 295	70	1 530	1 450	150	1 510	1 440	85	1 615	1 540	170	1 890	1 800	85	1 890	1 800	
160	160	1 665	1 585	80	1 870	1 780	180	1 850	1 760	100	1 975	1 880	200	2 310	2 200	100	2 310	2 200	
200	190	1 970	1 870	95	2 210	2 100	215	2 185	2 080	120	2 330	2 225	240	2 730	2 600	120	2 730	2 600	
250	230	2 300	2 195	110	2 590	2 470	260	2 560	2 440	140	2 735	2 610	290	3 200	3 050	140	3 200	3 050	
315	270	2 760	2 630	135	3 100	2 950	305	3 065	2 920	170	3 275	3 120	340	3 830	3 650	170	3 830	3 650	
400	330	3 250	3 095	160	3 660	3 480	370	3 615	3 440	200	3 865	3 675	410	4 520	4 300	200	4 520	4 300	
500	385	3 900	3 710	190	4 380	4 170	430	4 330	4 120	240	4 625	4 400	480	5 410	5 150	240	5 410	5 150	
630	460	4 460	4 260	250	5 020	4 810	510	4 960	4 750	320	5 300	5 090	570	6 200	6 000	320	6 200	6 000	
800	560	5 400	5 190	300	6 075	5 870	630	6 000	5 790	380	6 415	6 210	700	7 500	7 300	380	7 500	7 300	
1 000	665	7 415	7 115	360	8 340	7 980	745	8 240	7 880	450	8 800	8 550	830	10 300	10 000	450	10 300	10 000	
1 250	780	8 640	8 260	425	9 720	9 295	870	9 600	9 170	530	10 260	10 000	970	12 000	11 700	530	12 000	11 700	
1 600	940	10 440	10 000	500	11 745	11 205	1 050	11 600	11 150	630	12 400	12 100	1 170	14 500	14 200	630	14 500	14 200	
2 000	1 085	13 180	12 635	550	14 000	13 450	1 225	14 640	14 190	710	14 800	14 500	1 360	18 300	18 000	720	18 300	18 000	
2 500	1 280	13 360	12 810	670	15 450	14 900	1 440	14 840	14 390	860	16 300	16 000	1 600	21 200	20 900	865	21 200	20 900	

附录七：10kV 干式三相双绕组无励磁调压配电变压器能效等级

额定容量 kVA	1 级												2 级												3 级												短路阻抗 %				
	电工钢带						非晶合金						电工钢带						非晶合金						电工钢带						非晶合金										
	负载损耗 W			空载损耗 W			负载损耗 W			空载损耗 W			负载损耗 W			空载损耗 W			负载损耗 W			空载损耗 W			负载损耗 W			空载损耗 W			负载损耗 W			空载损耗 W							
	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H					
30	105	605	640	685	50	605	640	685	130	605	640	685	60	605	640	685	150	670	710	760	70	670	710	760	670	710	760	710	760	710	760	710	760	710	760	710	760				
50	155	845	900	965	60	845	900	965	185	845	900	965	75	845	900	965	215	940	1000	1070	90	940	1000	1070	90	940	1000	1070	940	1000	1070	940	1000	1070	940	1000	1070				
80	210	1160	1240	1330	85	1160	1240	1330	250	1160	1240	1330	100	1160	1240	1330	100	1160	1240	1330	295	1160	1240	1330	120	1160	1240	1330	1290	1160	1240	1330	1290	1160	1240	1330	1290	1160	1240	1330	
100	230	1330	1415	1520	90	1330	1415	1520	270	1330	1415	1520	110	1330	1415	1520	110	1330	1415	1520	320	1330	1415	1520	130	1330	1415	1520	1480	1330	1415	1520	1480	1330	1415	1520	1480	1330	1415	1520	
125	270	1565	1665	1780	105	1565	1665	1780	320	1565	1665	1780	130	1565	1665	1780	130	1565	1665	1780	375	1565	1665	1780	150	1565	1665	1780	1740	1565	1665	1780	1740	1565	1665	1780	1740	1565	1665	1780	
160	310	1800	1915	2050	120	1800	1915	2050	365	1800	1915	2050	145	1800	1915	2050	145	1800	1915	2050	430	1800	1915	2050	170	1800	1915	2050	2000	1800	1915	2050	2000	1800	1915	2050	2000	1800	1915	2050	4.0
200	360	2135	2275	2440	140	2135	2275	2440	420	2135	2275	2440	170	2135	2275	2440	170	2135	2275	2440	495	2135	2275	2440	200	2135	2275	2440	2370	2135	2275	2440	2370	2135	2275	2440	2370	2135	2275	2440	
250	415	2330	2485	2665	160	2330	2485	2665	490	2330	2485	2665	195	2330	2485	2665	195	2330	2485	2665	575	2330	2485	2665	230	2330	2485	2665	2590	2330	2485	2665	2590	2330	2485	2665	2590	2330	2485	2665	
315	510	2945	3125	3355	195	2945	3125	3355	600	2945	3125	3355	235	2945	3125	3355	235	2945	3125	3355	705	2945	3125	3355	280	2945	3125	3355	3270	2945	3125	3355	3270	2945	3125	3355	3270	2945	3125	3355	
400	570	3375	3590	3850	215	3375	3590	3850	665	3375	3590	3850	265	3375	3590	3850	265	3375	3590	3850	785	3375	3590	3850	310	3375	3590	3850	3990	3375	3590	3850	3990	3375	3590	3850	3990	3375	3590	3850	
500	670	4130	4390	4705	250	4130	4390	4705	790	4130	4390	4705	305	4130	4390	4705	305	4130	4390	4705	930	4130	4390	4705	360	4130	4390	4705	4880	4130	4390	4705	4880	4130	4390	4705	4880	4130	4390	4705	
630	775	4975	5290	5660	295	4975	5290	5660	910	4975	5290	5660	360	4975	5290	5660	360	4975	5290	5660	1070	4975	5290	5660	420	4975	5290	5660	5880	4975	5290	5660	5880	4975	5290	5660	5880	4975	5290	5660	
630	750	5050	5365	5760	290	5050	5365	5760	885	5050	5365	5760	350	5050	5365	5760	350	5050	5365	5760	975	5050	5365	5760	400	5050	5365	5760	5330	5050	5365	5760	5330	5050	5365	5760	5330	5050	5365	5760	
800	875	5895	6265	6715	335	5895	6265	6715	1035	5895	6265	6715	410	5895	6265	6715	410	5895	6265	6715	1215	5895	6265	6715	480	5895	6265	6715	6550	5895	6265	6715	6550	5895	6265	6715	6550	5895	6265	6715	
1000	1020	6885	7315	7885	385	6885	7315	7885	1205	6885	7315	7885	470	6885	7315	7885	470	6885	7315	7885	1415	6885	7315	7885	550	6885	7315	7885	8130	6885	7315	7885	8130	6885	7315	7885	8130	6885	7315	7885	
1250	1205	8190	8720	9335	455	8190	8720	9335	1420	8190	8720	9335	550	8190	8720	9335	550	8190	8720	9335	1670	8190	8720	9335	650	8190	8720	9335	9690	8190	8720	9335	9690	8190	8720	9335	9690	8190	8720	9335	
1600	1415	9945	10555	11320	530	9945	10555	11320	1665	9945	10555	11320	645	9945	10555	11320	645	9945	10555	11320	1960	9945	10555	11320	760	9945	10555	11320	11730	9945	10555	11320	11730	9945	10555	11320	11730	9945	10555	11320	
2000	1760	12240	13005	14005	700	12240	13005	14005	2075	12240	13005	14005	850	12240	13005	14005	850	12240	13005	14005	2440	12240	13005	14005	1000	12240	13005	14005	14450	12240	13005	14005	14450	12240	13005	14005	14450	12240	13005	14005	
2500	2080	14535	15445	16605	840	14535	15445	16605	2450	14535	15445	16605	1020	14535	15445	16605	1020	14535	15445	16605	2880	14535	15445	16605	1200	14535	15445	16605	16150	14535	15445	16605	16150	14535	15445	16605	16150	14535	15445	16605	