
操作说明书

ZNBZL

变压器空载负载特性测试仪

武汉中能新仪电气有限公司

一、概述

ZNBZL 变压器空载负载特性测试仪是测量变压器空载参数的高精密仪器。本产品采用 7 寸全触控真彩液晶显示器，中文显示，简便快捷的菜单式操作，人机界面友好。它可对多种变压器的空载电流、空载损耗、短路（负载）损耗、阻抗电压等一系列工频参数进行精密的测量。

功能特点

- 7 寸、1024*800 分辨率，全触摸真彩大屏幕显示
- 功能界面集设置、测试过程及结果一屏显示，方便设置参数和测量结果对比查看
- 结合外配电源以及调压、升压、升流等设备，可测量各种变压器的空载电流、空载损耗、阻抗电压、短路（负载）损耗等变压器特性数据
- 所有测试结果均自动进行了相关校正。您只需输入相关参数（如温度、空载校正系数等），仪器即可自动进行诸如：波形畸形校正、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
- 变压器特性测量中，电压最大量程可达 600V，电流最大量程达 100A，且内部配有保护电路。测量时不用切换档位既可保证测量精度，更不用担心因档位选错而烧坏仪器
- 变压器特性测试中，电压、电流量程均可以非常灵活、简便的进行扩展，只需简单的通过外接电压互

感器、电流互感器即可，大大加宽了仪器的测试范围

- 根据测试结果中的空载、负载损耗，可自动推定三相油浸式配变、电变变压器的性能水平，供工作人员现场参考

二、技术参数

1、特性测试电源输入范围

电压：0~750V

电流：0~100A

2、测试精确度

电压、电流： $\pm 0.5\%$

功率： $\pm 1.0\%(\cos\Phi > 0.1) \pm 2.0\%(0.02 < \cos\Phi < 0.1)$

3、工作温度

$-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

4、充电器电源要求

市电 AC160V~265V

5、绝缘度

(1)、电压、电流输入点对机壳的绝缘电阻 $\geq 100\text{M}\Omega$

(2)、充电电源输入对机壳之间承受工频 2KV（有效值），测试时长 1 分钟

6、体积

32cm×25cm×12cm

7、重量

3 kg

三、界面及功能介绍

1、操作面板示意图

本仪器操作面板如图一所示：包括打印机、液晶屏、容量测试接线孔、特性测试接线柱以及数据通讯 USB 口。



图一 操作面板布置示意图

2、欢迎界面

打开电源开关后，仪器首先显示初始化界面（图二），初始化界面停留 3 秒后进入开始界面（图三），点击屏幕“开始”进入主界面，如图（图四）。



图二



图三

3、功能主界面

如图（图四），点击屏幕相应功能进入相应功能界面。界面中左上角显示软件版本号，右上角显示两块电池电量，当电池电量小于 50%时要及时充电。



图四

4、空载测试

在主菜单界面点击“空载测试”进入功能界面如图六。

空载测试是需要外配交流电源（包括升压、调压、升流设备），才能进行测试。



图六

参数设置，如图六所示

涉及到的参数分别有：额定容量、额定电压、校正系数、联结组别、电压变比、电流变比，测量方式七项。除“联结组别”和“测量方式”项是点击输入框弹出下拉菜单选择适当值以外，其余各项均点击屏幕输入框弹出键盘输入数据。

额定容量：为被试变压器的额定容量；

二次额定电压：为被试变压器的测试侧额定电压，一般空载试验是在低压侧加压，所以此处输入的电压值是变压器的低压侧的额定电压值。

校正系数：当在非额定电压条件下进行变压器空载实验时，需要将测量到的结果进行校正。校正公式为：

$$P_0 = P_0' \left(\frac{U_N}{U'} \right)^n \quad (\text{式 1}) \quad , \quad I_0\% = I_0\%' \left(\frac{U_N}{U'} \right)^n \quad (\text{式 2}) .$$

式中的 n，即为**校正系数**。该值与变压器铁心材质有关，一般热轧硅钢片取 n=1.8;冷轧硅钢片取 n=1.9~2.0。当试验电压小

于额定电压 5% 时，可以按下面的公式求出

$$n = \frac{\lg(P_{0N} / P_0')}{\lg(U_N / U')}$$

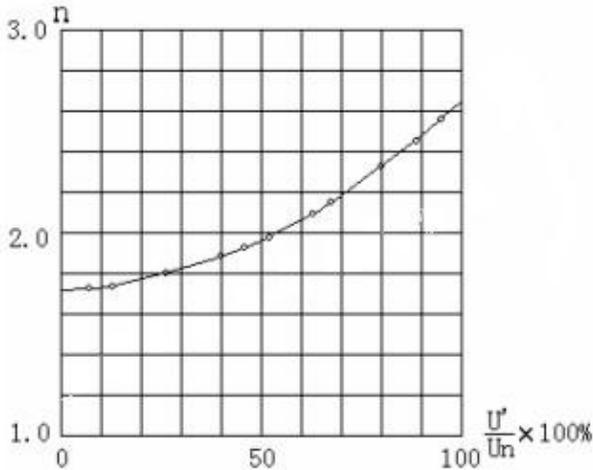


表 1、对应不同的 U'/U_N 时的 n 值

对于一般配电变压器或容量在 3200kVA 以下的电力变压器，也可以按表 1 查出。当不做该项校正时， n 值可以输入 0。

联结组别：为所测变压器的联结组别方式，请参照铭牌选择；

电压变比：当所测量的电压值超过本仪器本身量程后，用户可以外扩电压互感器，进行量程扩展。此参数为外扩电压互感器的变比值（如：10kV/0.1kV 的电压互感器，应输入 100）。当未用外扩电压互感器时，请输入 1。

电流变比：与电压变比的意义相似。当所测电流超过仪器本身量程后，可以外扩电流互感器，来进行量程扩展，该参数为外扩电流互感器的变比值（如：100A/5A 的电压互感

器即可输入 20)。同样，当未用外扩电流互感器时，请输入 1。

测量方式：是所接电源的种类，包括单相电源、三相三线电源、三相四线电源

当您输入正确数据后，即可点击“**开始测量**”键进行测量，测试过程中可以：

点击“**停止测量**”键，即暂停数据测量

点击“**打印数据**”键，即实时打印测量数据

点击“**保存数据**”键，即保存当前的测量结果

点击“**结束返回**”键，即可返回功能主界面

测量方式---单相

该测量方式可以借助外配单相电源来测量单相变压器和三相变压器的单相空载损耗外，还可以在不用退出测量界面的前提下，依次测量三相变压器的各相空载损耗，并最终计算出三相变压器的总空载损耗值。



图七单相空载测试—1



图八 单相空载测试—2



图九单相空载测试—3



图十 单相空载测试—4

“单相测试”的显示界面分别参见图七、图八、图九、图十。

当您只测量单相变压器或只测量变压器的某一相时，直接接好测试线（参见后面详细说明），在空载测试界面，选中“单相测试”，单击“确定”键，即可进行测试。测试结果（图十）主要有：当前实际测得的电压 U_a 、电流 I_a 和有功损耗 P_a （均按电压、电流变比系数换算后的值）（此处的校正均是指非额定电压条件下进行空载损耗测试后空载电流和空载损耗校正到额定电压条件下的标准数值。空载测试中的校正，均为此意，以下不再重复）。

点击“开始测试”，显示一相测试结果，并提示“点击开始暂停”；点击开始暂停后，接另一相，并提示点击“开始继

续”，请按提示测完其他相。当界面提示“点击开始计算”，点击开始并显示测量结果校正后的三相空载电流 I_0 和空载损耗 P_0 。此外，系统还会根据所测得的空载损耗，推测所测变压器的性能水平代号，供工作人员参考。

测量方式---三相三线

“三相三线测试”的显示界面分别参见图十一。本方法相当于以往的两功率表法。测试连接方法请参考后面的详细描述。



图十一 三相三线空载测试

测试结果为校正后的空载电流 I_0 和校正后的空载损耗 P_0 ，同时系统根据空载损耗推测出了所测变压器的性能水平代号，供工作人员参考。

测量方式：三相四线

“三相四线测试”的显示界面分别参见图六。与“三线测试”非常相似，只是所用外配电源为三相四线电源，其测试时的接线方式与“三线测试”略不相同，具体方法参见后面的具体说明。

测试结果校正后的空载电流 I_0 、空载损耗 P_0 及根据空载损耗推定的变压器性能水平代号。

5、短路测试

“短路测试”与“空载测试”的各个界面和各项操作基本相似。下面只详细说明一下不同之处，相同之处不再重复。

首先“短路测试”与“空载测试”相同，也是需要外接交流电源（包括升压、调压、升流设备）才能进行测试。不同之处是，其接线方式与“空载测试”并不相同，请参考后面的详细说明。

参数设置

进行短路测试前，需要设定一些必要的参数。

额定容量：为被试变压器的额定容量；

一次额定电压：为被试变压器的测试侧额定电压，一般短路试验是在高压侧加压，所以此处输入的电压值一般是变压器的高压侧的额定电压值。

当前温度：该值用于将测试到的短路损耗校正到标准短路试验条件（油浸 75℃）下，短路损耗的校正公式为：

$P_{k75} = K \times P_k$ ，其中 K 代表电阻温度系数。其算法为：

$$K = \frac{(235 + 75)}{(235 + t)}$$

式中 t 为测试时的实际温度。阻抗电压的

温度校正公式为： $U_k = \sqrt{U_{kT}^2 + (P_{kT} / 10S_N)^2 (K^2 - 1)}$ ，

式中 U_{kT} 代表当前温度下实际测得的阻抗电压百分比， P_{kT} 代表当前温度下的实际测得的短路损耗， S_N 表示被测变压器的实际额定容量。

联结组别：即所测变压器的联结组别方式，参照名牌

电压变比：当所测量的电压值超过本仪器本身量程后，用户可以外扩电压互感器，进行量程扩展。此参数为外扩电压互感器的变比值（如：10kV/0.1kV 的电压互感器，应输入 100）。当未用外扩电压互感器时，请输入 1。

电流变比，与电压变比的意义相似。当所测电流超过仪

器本身量程后，可以外扩电流互感器，来进行量程扩展，该参数为外扩电流互感器的变比值（如：100A/5A 的电压互感器即可输入 20）。同样，当未用外扩电流互感器时，请输入 1。

“单相测试”、“三线测试”、“四线测试”的功能基本与“空载测试”中的各测试项相同。结果显示的是校正后的阻抗电压 U_k 、校正后的短路损耗 P_k （此处的校正是指非额定电流下短路试验所测得的短路电压和短路损耗，校正到额定电流下，同时温度校正到 75℃ 标准试验条件下的数值，短路测试中的校正均为此意，不再重复）

6 数据管理 界面如图十二



图十二

此处显示的数据均为保存的测试结果数据，此界面下可以和电脑通讯上传数据。

点击“上一条”，“下一条”按钮，翻页显示存储数据

点击“打印”，打印保存的数据

点击“删除数据”即清空数据库存储数据

点击“返回”键，即返回功能主菜单

7、日期时间设置

日期时钟采用电容供电，开机一次可以运行 30 天。当日期时间不对时，进入界面设置即可，界面如图十三



图十三

按图十三所示格式输入日期时间，点击设置即可。

8、设备调试

设备出厂调试用，不涉及用户使用。

四、各功能的测试接线方法说明及重点事项说明

1、基本概念介绍

空载测试：从变压器的某一级绕组（一般从二次低压侧）施加额定频率（一般为 50Hz 的正弦波）额定电压的交流电，其余绕组开路，测量结果主要包括空载电流和空载损耗。如果测试条件有限，电源电压达不到额定电压，可在非额定电压条件下进行测试。但测量结果误差会比较大。一般只用于检查变压器有无故障。只有测试电压达到额定电压的 70% 以上时，才可测量到较准确的空载电流和空载损耗。

短路测试：将变压器的某一级绕组短接（一般将低电压大电流侧），从另一侧（一般为高压侧）线圈的额定分接头处接入额定频率（一般为 50Hz 的正弦波）的交流电压，使测试端绕组中的电流达到额定电流值，测得短路损耗和短路电压。

2、单相电源测量单相变压器的空载损耗的接线方法

当测试的电压、电流均在仪器的测试量程范围之内时，请按图十五所示，直接将电流、电压接入仪器。空载损耗测试时，一般低压侧为测试端。高压侧为非测试端，非测试端

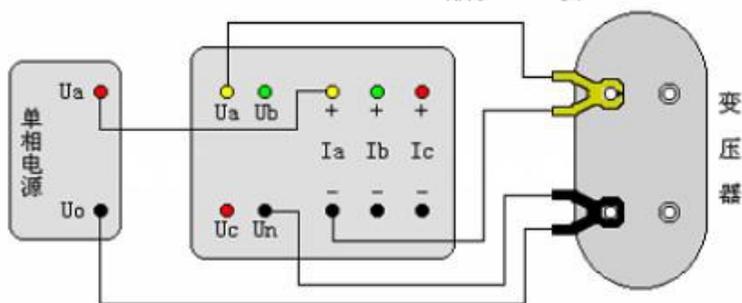
开路。

当测试电压超过仪器的电压量程时，请分别使用电压互感器、电流互感器，按图十六所示，进行接线，测试。

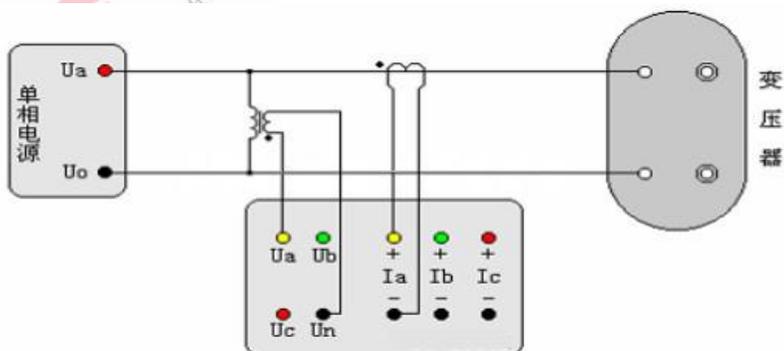
当测试电流超过仪器的测试量程，而电压未超过时，请使用电流互感器接入电流，电压直接接入，按图十七所示，进行接线、测试。

3、单相电源测量单相变压器的短路损耗的接线方法

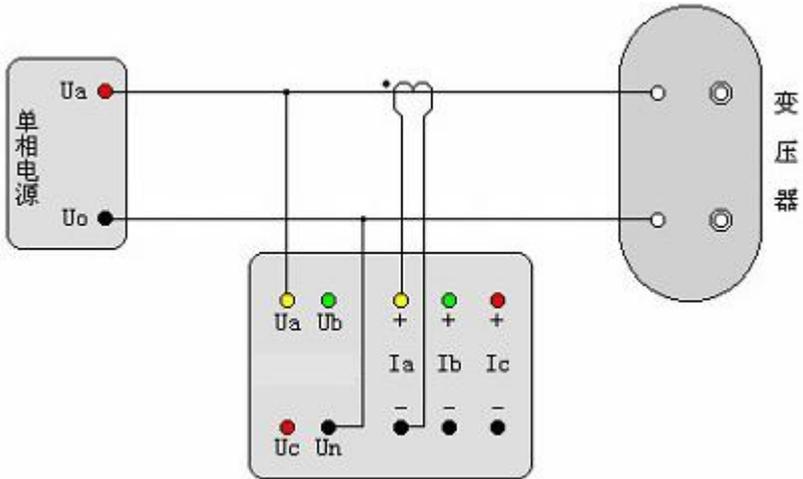
与单相电源测量单相变压器的空载损耗的接线方式基本相同，请参考图十五、图十六、图十七。不同之处只是，短路损耗测试时，一般高压侧为测试端。低压侧为非测试端，此外，非测试端需要人工短接。



图十五 单相空载测试直接接入法示意图



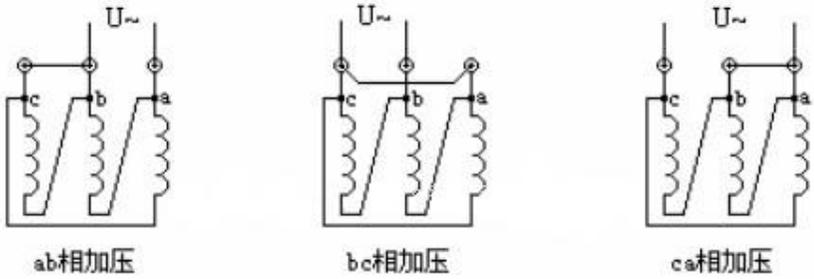
图十六 单相空载测试外接 PT 和 CT 的接线示意图



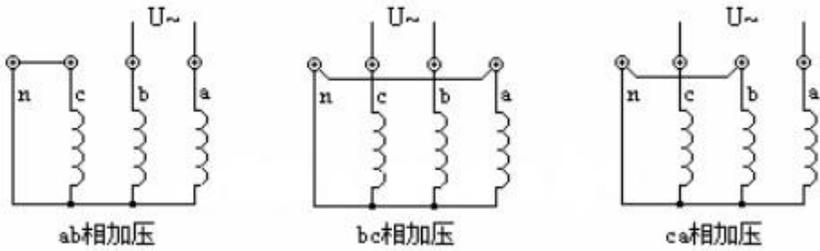
图十七 单相空载测试外接 CT 的接线示意图

4、单相电源对三相变压器的空载损耗的测量及接线方式

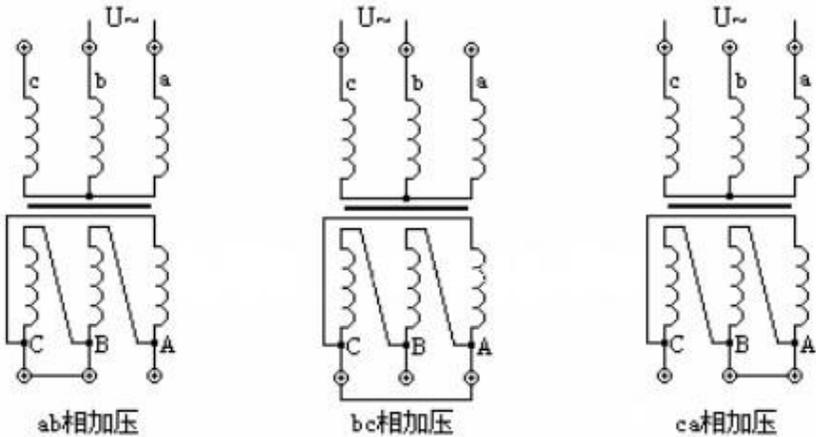
当做三相空载试验后发现损耗超过标准时，应分别测量三相损耗，通过对各项空载损耗的分析比较，观察空载损耗在各相的分布情况，以检查各相绕组或磁路中是否有局部缺陷。基本方式是将三相变压器当作三台独立的单相变压器，轮换加压测试，即依次将变压器的一相绕组短路，其他两相绕组施加电压，测量空载损耗和空载电流。根据被测变压器的绕组连接方式的不同，可以分为图十八、十九、二十所示三种情况；根据电压、电流的是否超出仪器的测量量程，又可分为图二十一、二十二、二十三所示三种情况。



图十八 加压绕组为 Δ 型连接的接线示意图



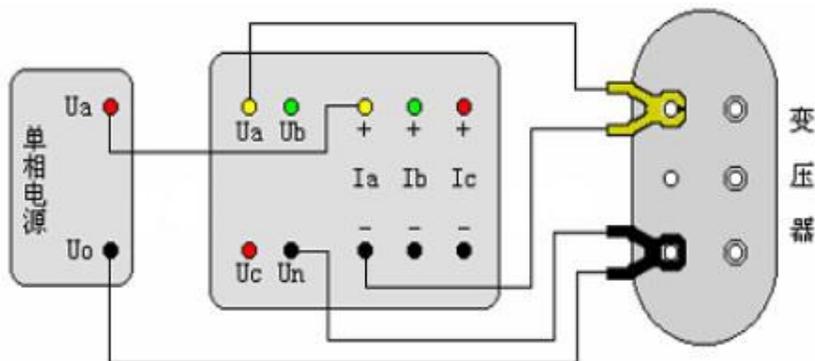
图十九 加压绕组为有中性点Y型连接的接线示意图



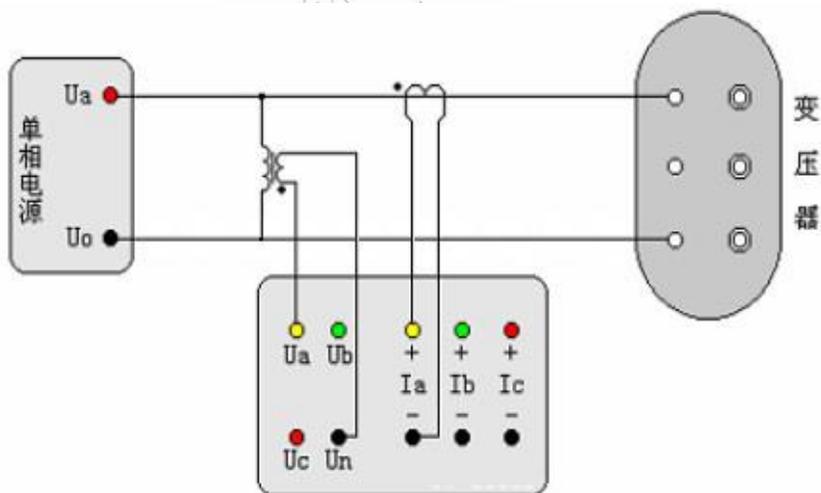
图二十 加压绕组为无中性点Y型连接的接线示意图

注意，当加压绕组为Y型连接时，施加的电压应为相电

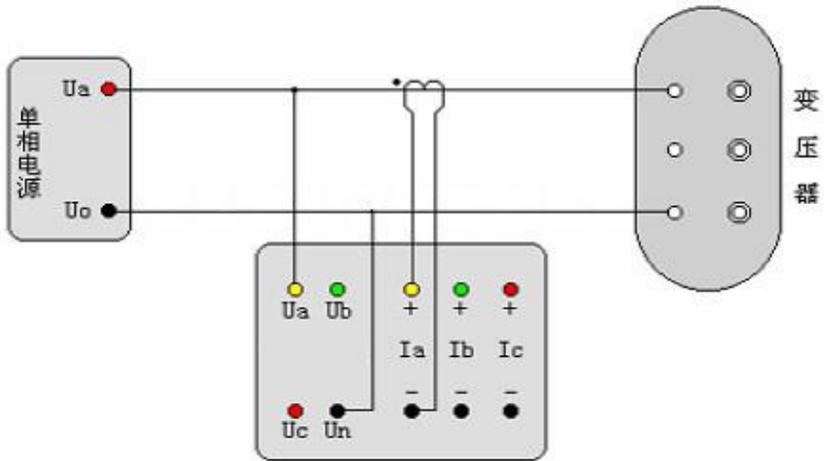
压的二倍。当加压的绕组为无中性点的Y型绕组时，由于没有引出中性点，无法对非加压绕组短路，则测量时必须将二次绕组的相应线圈短接。



图二十一 单相电源测量三相变压器空载损耗的直接接入法示意图



图二十二 单相电源测量三相变压器空载损耗外接PT和CT的接入法示意图



图二十三 单相电源测量三相变压器空载损耗外接 CT 的接入法示意图

5、单相电源对三相变压器的短路（负载）损耗测量及其接线方式

受电源条件（没有三相电源或电源容量较小）时，以及在制造过程中或运行中需逐相检查以确定故障相时，可以用单相电源进行短路损耗试验；试验方法是将被测变压器低压三相的出线端短接，在高压侧分别进行三相测量，本仪器的“短路测试”中的“单相测试”具备了在不退出程序，分别测量三相后再显示三相的总结果。

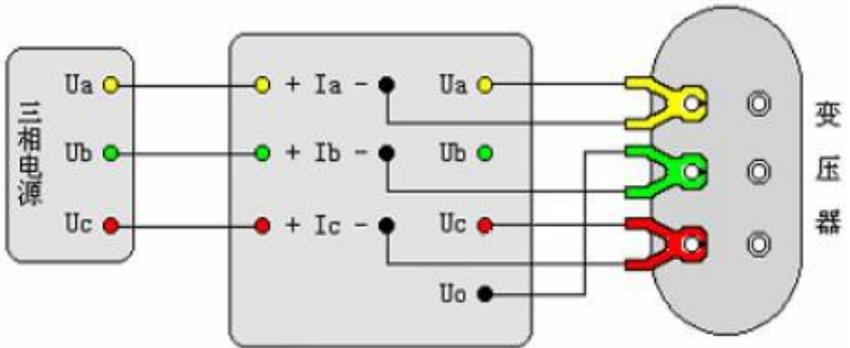
根据被测变压器的绕组连接方式可以分为两种情况：A. 加压绕组为△型连接时，加压侧按图十八方式接线，与之不同的是，非加压侧（一般为低压侧）的三相出线端需要人工短接。绕组中的电流要求应达到变压器的额定电流的 $2/\sqrt{3}$ 倍。B. 加压绕组为 Y 型连接时，加压侧参照图二十的方式接线，不同的是，非加压侧的三相出线需要人工短接。

根据所测电压、电流与仪器的电压、电流测试量程也分为三种情况，基本与单相电源测量三相变压器空载损耗的三种情况相同，参照图二十一、二十二、二十三所示的接线方式，不同之处是二次侧全部短接。

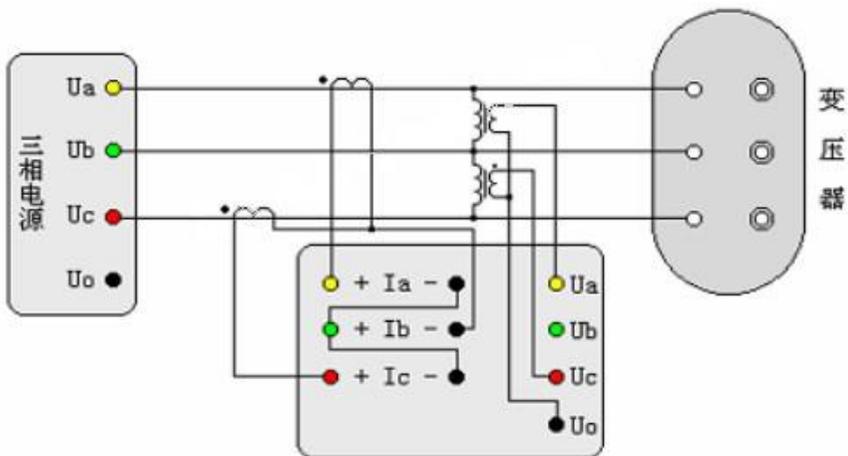
6、三相三线电源对变压器空载损耗的测量及接线方式

将变压器非测试端开路，当测试电压和电流都不超过仪器的测试范围时，请参考图二十四所示接线；当电压超过本仪器的测试范围时，请参考图二十五所示接线；当测试电流超过本仪器的测试范围而电压没有超过本仪器的测试范围时，参考图二十六所示接线。空载损耗测试时，一般低压侧为测试端。高压侧为非测试端，非测试端开路。

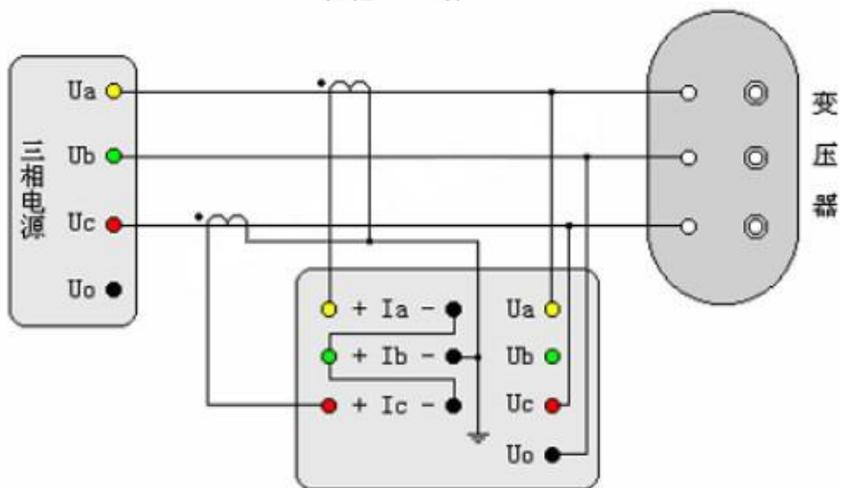
注意：这里采用的方法相当于两功率表测试法，只测量 U_{ab} 和 U_{cb} 两相电压值，结果为两相的平均值；同时空载损耗也只测量 P_{ab} 和 P_{cb} 两相损耗，总损耗为两相损耗之和。



图二十四 三相三线电源测量三相变压器空载损耗的直接接线示意图



图二十五 三相三线电源测量三相变压器空载损耗的 PT 和 CT 接线示意图



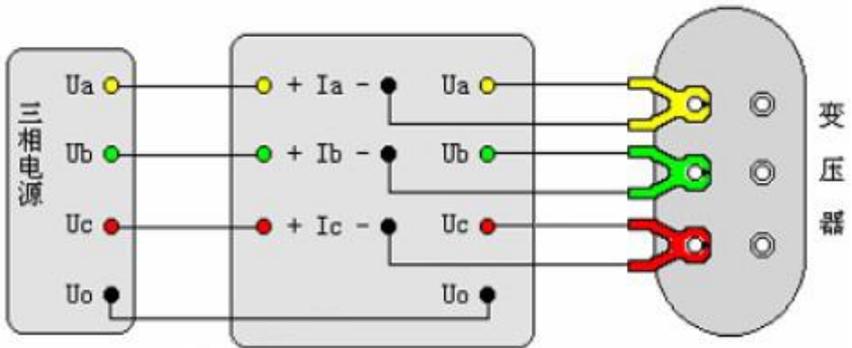
图二十六 三相三线电源测量三相变压器空载损耗的 CT 接线示意图

7、三相三线电源对变压器短路损耗的测量及接线方式

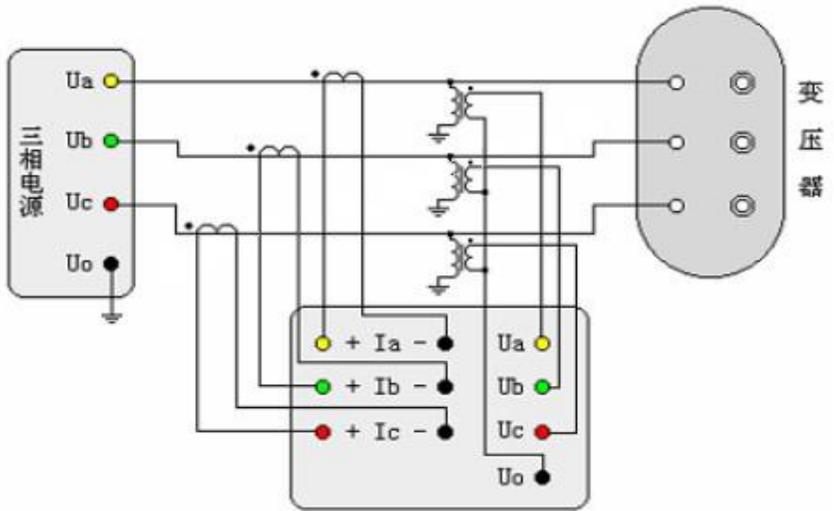
与三相三线变压器测量空载损耗的接线方式基本相同，可参照图二十四、二十五、二十六的所示接线方式。不同之处只是，短路损耗测试时，一般高压侧为测试端。低压侧为非测试端，此外，非测试端需要人工短接。如高压或中压侧出线套管装有环形电流互感器时，测试前务必将电流互感器的二次端进行良好短接。

8、三相四线电源对变压器空载损耗的测量及接线方式

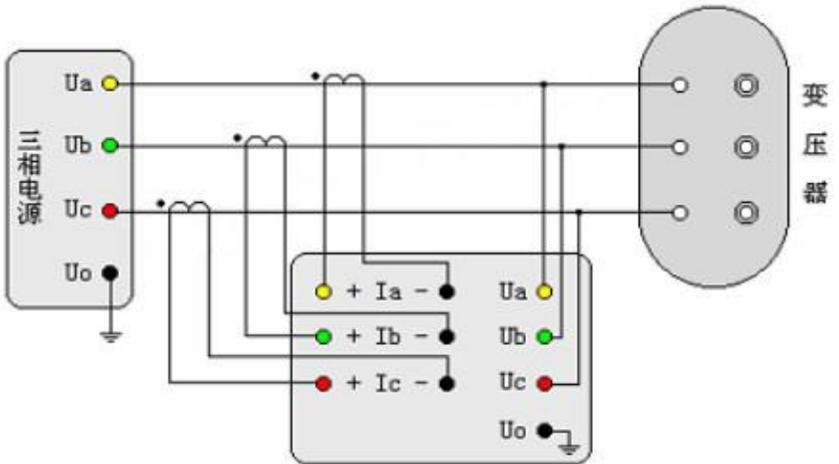
将变压器非测试端开路，当测试电压和电流都不超过仪器的测试范围时，请参考图二十七所示接线；当电压超过本仪器的测试范围时，请参考图二十八所示接线；当测试电流超过本仪器的测试范围而电压没有超过本仪器的测试范围时，参考图二十九所示接线。空载损耗测试时，一般低压侧为测试端。高压侧为非测试端，非测试端开路。



图二十七 三相四线电源测量三相变压器空载损耗的直接接线示意图



图二十八 三相四线电源测量三相变压器空载损耗的 PT 和 CT 接线示意图



图二十九 三相四线电源测量三相变压器空载损耗的 CT 接线示意图

9、三相四线电源对变压器短路损耗的测量及接线方式

与三相四线变压器测量空载损耗的接线方式基本相同，可参照图二十七、二十八、二十九的所示接线方式。不同之处只是，短路损耗测试时，一般高压侧为测试端。低压侧为非测试端，此外，非测试端需要人工短接。如高压或中压侧出线套管装有环形电流互感器时，测试前务必将电流互感器的二次端进行良好短接。

五、注意事项

- 1、测试线的连接方法请务必按使用说明的要求进行操作，否则可能会影响测试结果。
- 2、空负载测试接线必须在被测试线路接地的情况下进行，防止感应电压触电。
- 3、请保证所测电压、电流满足本仪器的测试量程。当超出本仪器测试量程时，请外接电压、电流互感器，来扩大量程范围，否则测试结果将无效。
- 4、容量测试、有源负载测试、短路（负载）测试时，非加压侧的短接请务必保持良好，否则将会影响测试结果。
- 5、做短路测试时，高压或低压侧出线套管如装有电流互感器时，测试前请务必将电流互感器的二次绕组进行良好短。
- 6、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。
- 7、当测试 500KVA 或 630KVA 的变压器时，必须要对参比容量进行设置，因为 500 和 630 的变压器处于阻抗电压变换区
- 8、容量测试时，对现场运行的变压器，一定要高低压拉闸停电测试，并现场地线刀闸或地线端子一定要断开

附录 A

标准依据为：

GBT 6451-2008-S9 油浸式电力变压器技术参数和要求

GBT 6451-2015-S11 油浸式电力变压器技术参数和要求

JBT 3837-2010 变压器类产品型号编制方法

JBT 3837-2016 变压器类产品型号编制方法

GBT 10228-2015 干式电力变压器技术参数和要求

GBT 25446-2010 油浸式非晶合金铁心配电变压器技术参数
和要求



武汉中能新仪电气有限公司
Wuhan Zhongneng Xinyi Electric Co., Ltd.

三相油浸式电力变压器损耗水平代号的确定按表 B.1。

表 B.1 三相油浸式电力变压器损耗水平代号

损耗水平代号	标称系统电压 kV	空载损耗	负载损耗
9	6、10、35、66、110、220 (无励磁调压配电变压器)	符合GB/T 6451—2008	符合表B.2
10	6、10 (有载调压配电变压器及无励磁调压电力变压器)	比GB/T 6451—2008 下降10%	比GB/T 6451—2008 下降5%
	35、66、110、220 (无励磁调压配电变压器)	符合表B.3	
11	6、10 (有载调压配电变压器及无励磁调压电力变压器)	比GB/T 6451—2008 下降20%	比GB/T 6451—2008 下降5%
	35、66、110、220 (无励磁调压配电变压器)	符合表B.4	
12	6、10 (无励磁调压配电变压器)	符合表B.5	
13	6、10 (有载调压配电变压器)		
15	6、10 (无励磁调压配电变压器)	符合JB/T 10318—2002	

注1：确定产品损耗水平代号时，其损耗值与规定值的偏差应符合《变压器类产品型号注册管理办法》规定。

注2：损耗水平代号“15”只适用于非晶合金铁心无励磁调压配电变压器。

表 1 6 kV、10 kV 级 30 kV·A~2 500 kV·A 三相双绕组无励磁调压配电变压器

额定容量 kV·A	电压组合及分接范围			联结组 标号	空载损耗 kW	负载损耗 kW	空载电流 %	短路 阻抗 %			
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV								
30	6	$\pm 2 \times 2.5$	0.4	Dyn11 Yzn11 Yyn0	0.100	0.630/0.600	1.5	4.0			
50					0.130	0.910/0.870	1.3				
63					0.150	1.09/1.04	1.2				
80					0.180	1.31/1.25	1.2				
100					0.200	1.58/1.50	1.1				
125					0.240	1.89/1.80	1.1				
160					0.280	2.31/2.20	1.0				
200					0.340	2.73/2.60	1.0				
250					0.400	3.20/3.05	0.90				
315					6.3	± 5	0.480		3.83/3.65	0.90	
400					10	0.570	4.52/4.30		0.80		
500					10.5	0.680	5.41/5.15		0.80		
630				6	$\pm 2 \times 2.5$	0.4	Dyn11 Yyn0	0.810	6.20	0.60	4.5
800								0.980	7.50	0.60	
1 000								1.15	10.3	0.60	
1 250								1.36	12.0	0.50	
1 600								1.64	14.5	0.50	
2 000								1.94	18.3	0.40	
2 500	2.29	21.2	0.40	5.0							

注 1: 对于额定容量为 500 kV·A 及以下的变压器,表中斜线上方的负载损耗值适用于 Dyn11 或 Yzn11 联结组,斜线下方的负载损耗值适用于 Yyn0 联结组。

注 2: 当变压器年平均负载率介于 35%~40%之间时,采用表中的损耗值可获得最高运行效率。

表 4 35 kV 级 50 kV·A~2 500 kV·A 三相双绕组无励磁调压配电变压器

额定容量 kV·A	电压组合及分接范围			联结组 标号	空载损耗 kW	负载损耗 kW	空载电流 %	短路 阻抗 %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV					
50	35 38.5	$\pm 2 \times 2.5$ ± 5	0.4	Dyn11 Yyn0	0.160	1.20/1.14	1.3	6.5
100					0.230	2.01/1.91	1.1	
125					0.270	2.37/2.26	1.1	
160					0.280	2.82/2.68	1.0	
200					0.340	3.32/3.16	1.0	
250					0.400	3.95/3.76	0.95	
315					0.480	4.75/4.53	0.95	
400					0.580	5.74/5.47	0.85	
500					0.680	6.91/6.58	0.85	
630					0.830	7.86	0.65	
800					0.980	9.40	0.65	
1 000					1.15	11.5	0.65	
1 250					1.40	13.9	0.60	
1 600					1.69	16.6	0.60	
2 000					1.99	19.7	0.55	
2 500					2.36	23.2	0.55	

注 1: 对于额定容量为 500 kV·A 及以下的变压器,表中斜线上方的负载损耗值适用于 Dyn11 联结组,斜线下方的负载损耗值适用于 Yyn0 联结组。

注 2: 当变压器年平均负载率介于 30%~36% 之间时,采用表中的损耗值可获得最高运行效率。