

## 目录

一、 概述.....	1
二、 技术指标.....	2
三、 面板介绍.....	2
四、 中性点电容法.....	2
4.1 测量原理.....	3
4.2 测量步骤.....	4
4.3、测量案例.....	4
4.4、仪器菜单.....	6
4.5、安全事项.....	10
五、 开口三角注入法.....	12
5.1 开口三角注入法原理.....	12
5.2 PT 接线方式及变比.....	13
5.3 测量准备.....	18
5.4、测量步骤.....	20
六、 仪器成套.....	23

## MS-500PZP 配电网电容电流测试仪

### 一、概述

电容电流是什么？

目前，我国 6~66kV 配电网系统的中性点一般是不直接接地的，所以当发生线路单相接地故障时，由于线路对地电容会产生电流，这个流过故障点的电流实际是电容电流。

据统计，配电网的故障很大程度是由于线路单相接地时电容过大而无法自行息弧引起的。

因此，我国的电力规程规定当 10kV 和 35kV 系统电容电流分别大于 30A 和 10A 时，应装设消弧线圈以补偿电容电流，这就要求对配网的电容电流进行测量以决定是否安装消弧线圈。

另外，为了验证该配电系统是否会发生 PT 谐振及发生什么性质的谐振，也必须准确测量配电网的对地电容值。

MS-500PZP 同时具备中性点电容法和 PT 开口三角注入法的特点。

既可测量系统平衡时的电容电流，也可测量系统不平衡时的电容电流。

系统平衡时，仪器从 PT 开口三角处注入微弱的异频信号，避开了 50Hz 干扰信号，同时测试仪的输出端可以耐受 100V 的交流电压，若测量时系统有单相接地故障发生，亦不会损坏 PT 和测试仪，使这项工作变得安全、简单、快捷。

系统不平衡时，在做好安全措施前提下，仪器从系统中性点取样测量，简单方便。

MS-500PZP 配电网电容电流测试仪，大屏幕液晶显示，中文菜单，在做好安全措施后，事先设置仪器参数后则无需触碰操作仪器，使这项工作变得安全、简单，且测试结果准确、可靠，不受其他运行条件影响。

## 二、技术指标

### 1、测量范围：

▼ 对地电容：0.5 ~ 120  $\mu$ F （三相对地）

▼ 电流量程：1A ~ 250A

### 2、测量精度：

测量精度	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
对地总电容	0.5~5 $\mu$ F	5~90 $\mu$ F	90~120 $\mu$ F

3、工作环境：温度：-10~50℃；湿度： $\leq 90\%$ ；

4、工作电源：AC220V  $\pm 10\%$  50 Hz  $\pm 1\%$ ；

5、外形尺寸：460mm×245 mm×425mm（主机箱）

580mm×300 mm×150mm（附件箱）

6、仪器重量：15 kg（主机箱） 7.2 kg（附件箱）

## 三、面板介绍

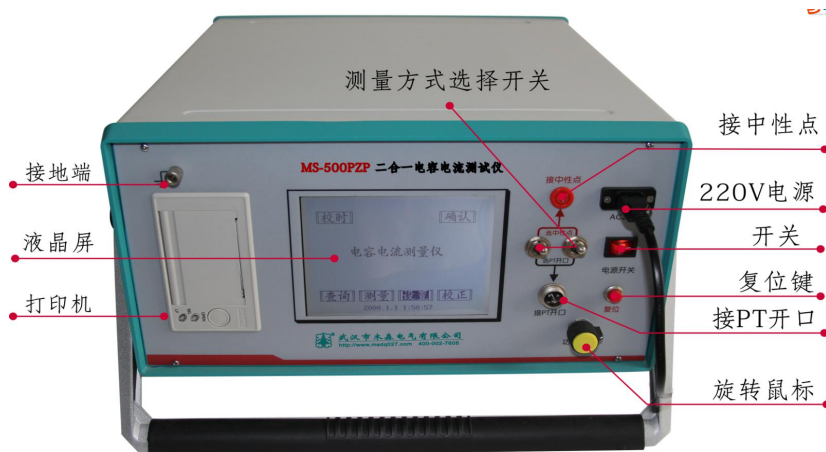


图 1 PZ 型外观

## 中性点电容法

在电网无补偿的条件下，中性点外加电容法的测量原理：

### 4.1 测量原理

中性点外加电容法测量接线，如图 2 所示。

$C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  为三相对地电容，由于  $C_1 \neq C_2 \neq C_3$ ，故中性点对地必有一个不对称电压  $U_{nc}$  存在。当发生单相接地故障时，等效电路如图 2 所示，据此，得被测网络的电容：

$$\sum C_x = \frac{C_0 U_0}{U_{nc} - U_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\sum C_x = C_1 + C_2 + C_3 \sim$  被测电容；  $C_0 \sim$  外加电容；

$U_0 \sim$  位移电压；  $U_{nc} \sim$  不对称电压；

$$I_c = \omega \sum C_x U_\phi \dots\dots\dots (2)$$

$I_c \sim$  被测网络的电容电流；  $U_\phi \sim$  电网额定相电压；  $\omega \sim$  角频率

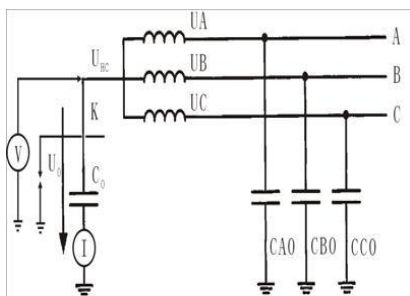


图 2 中性点外加电容法测量接线图

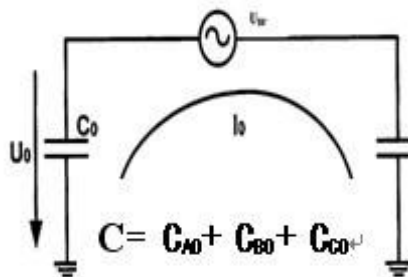


图 3 中性点接  $C_0$  后的等效电路图

#### 中性点哪里有？

- ▼ 补偿电容器中性点
- ▼ 补偿电抗器中性点
- ▼ 变压器或接地变的中性点

只能在以上部位开展电容电流测量：

### 中性点不对称电压 ( $U_{HC}$ ) 测量步骤:

通过测量不对称电压(中性点电压) $U_{HC}$ ，确定被测系统当前是否处于正常状态，确认是否继续测量下去！

#### 4.2 测量步骤

- 4.2.1 消弧线圈必须全部退出运行
- 4.2.2 找到可供测量的中性点
- 4.2.3 通过附件测量中性点的不对称电压 ( $U_{HC}$ )
- 4.2.4 仪器系统电压设置正确，处于【等待。。。】状态
- 4.2.5 通过仪器测量中性点的位移电压 ( $U_0$ ) 得到电容电流

测量配网电容电流前,必须检查消弧线圈是否全部退出运行。才可以运用MS-500PZ 型配网电容电流测试仪进行准确测量。

#### 4.3、测量案例

##### 4.3.1 中性点电压测量接线图

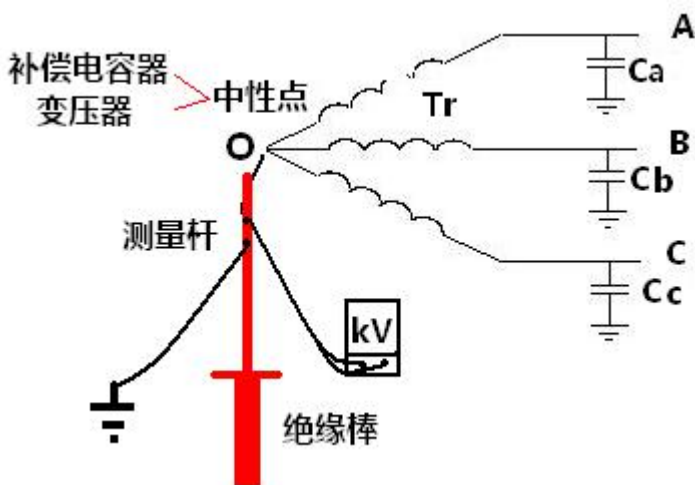


图4 中性点电压测量接线图

### 4.3.2 电容电流测量接

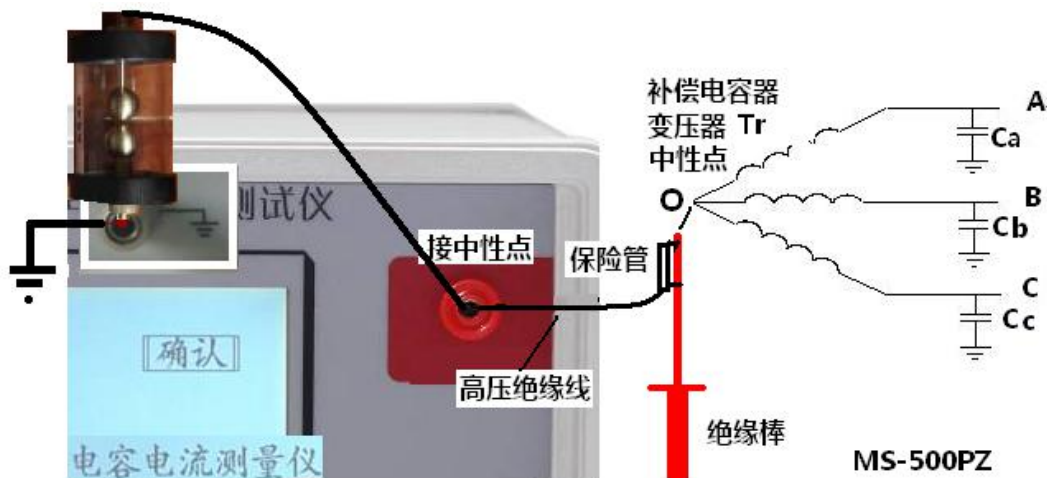


图 5 电容电流测量现场接线图

图 4、5 中， $C_a$ 、 $C_b$ 、 $C_c$  分别为三相对地电容，“0”是设备的中性点，如：变压器 35KV 侧绕组、10KV 系统接地变、或是补偿电容器组的中性点（Y 星型接法）。

### 4.3.3 测量的操作步骤：

#### ▼ 通过【测量杆】测量中性点的不对称电压 ( $U_{nc}$ )

参照图 5a 的接线，将测量杆的高压端触碰系统中性点（具体使用方法见测量杆分压器的使用说明），通过低压表，知道  $U_{nc}$  值，然后迅速将测量杆脱离接触中性点；

只有在确认【中性点电压  $U_{nc}$ 】小于 300V 后，才可以开展一下测量工作。

#### ▼ 电容电流测量

接线如图 5，将仪器接地端子接地。在仪器的中性点端和接地端并联放电间隙仪器接通电源，【设置】系统电压参数后，使仪器处于【等待。。。】状态

#### ▼ 将仪器中性点端子通过高压电缆，由绝缘杆引致变压器中性点；

- ▼ 仪器与中性点连接后，即开始自动测量，并得到测量结果。
- ▼ 测量完毕，快速将绝缘杆脱离与中性点的接触，保存数据；
- ▼ 整理试验现场，恢复测量前的运行状态

#### 4.4、仪器菜单

仪器接通电源后，进入图 6 开机界面，在图 6 中选择【设置】，进入设置参数界面，如图 7，



图 6 开机界面



图 7 设置界面

##### 4.4.1 【设置】菜单，见图 7

【移相电容】：当中性点电压小于 5V 时，必须在任意一相和接地之间并联高压电容 C，且必须设置 C 的数值。

【相电压】：必须与被测系统的额定一致。

【另选相电压】：菜单中没有被测系统的电压时，则单独设置。

设置完成后保存设置，仪器回开机界面。

##### 4.4.2 【测量】菜单

切记：通过测量，当确认【中性点电压  $U_{nc}$ 】小于 300V 时，系统是安全的，方可开展以下测量工作。

当【中性点电压  $U_{nc}$ 】小于 5V，为了保证测量精度，须在某一相上

增加电容，使中性点电压上升即可；

在开机界面下，将光标置于**测量**处，垂直按鼠标确认，显示图 8 界面。

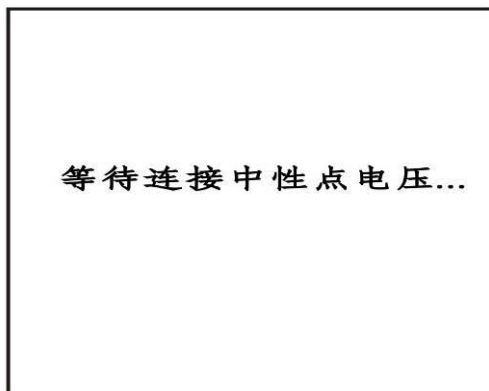


图 8 等待连接中性点



图 9 做好安全措施

#### 4.4.3 【正在测量】菜单

绝缘电缆通过绝缘杆（高压端串联速熔保险），使仪器中性点端子与系统中性点保持碰触连接，仪器显示图 11。

大约只需要 30 秒钟，仪器发出“嘟”的长音后，表示测量完毕。

立即将绝缘杆脱离与中性点的接触；出现图 12 的内容，电压迅速下降，随后显示图 13 的测量结果。



图 11 测量过程中



图 12 测量完毕

如果电压下降缓慢，直接将仪器面板上的中性点端用导线与地短接，立即就出



现结果显示，见图 13

如电压下降为零仍不显示结果，需将绝缘杆再次触碰系统中性点。

#### 4.4.4 【测量结果】菜单，见图 13



图 13 显示结果界面



图 14 结果界面下的子菜单

在图 13 界面下，旋转鼠标，出现图 14 界面：

**退出**：选中后出现**返回主页**对话框，在对话框中选择**否认**，仪器退到图 13 界面；选择**确认**，仪器退至开机界面；

**测量**：在图 13 界面下重新测量；

**存入**：选中后出现图 15 保存界面；

**打印**：打印屏幕显示内容。



图 15 保存界面



图 16 查询界面

在图 15 界面中：

**退出**：选中后出现**返回主页**对话框，在对话框中选择**否认**，仪器退到图 13 界面；选择**确认**，仪器退至开机界面；

**减 1**和**加 1**：通过加减数将数据存入想存的组里；

**确认**：确认保存数据。

#### 4.4.5 【查询数据】菜单

在开机界面下选择**查询**，进入图 16 界面：

**退出**：选中后仪器退至开机界面；

**减 1**和**加 1**：通过加减数将数据存入想存的组里

**确认**：选中后出现图 17 界面。

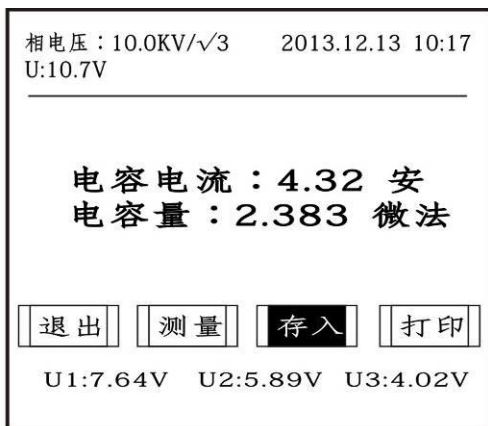


图 17 查询界面下的子菜单



图 18 校时界面

在图 17 中：

**下页**：表示查询下组数据； **上页**：表示查询上组数据；

**退出**：退至开机界面； **打印**：打印屏幕显示内容。

#### 4.4.6 【校时】菜单

在开机界面，选择**校时**，进入图 18 界面，图 18 中，右旋鼠标加数；左旋鼠标减数，垂直按鼠标换项。

#### 4.5、安全事项

**测量时操作绝缘棒人员应带绝缘手套、穿绝缘靴！**

**绝缘棒碰触中性点时间应尽可能短，在读数完毕后立即断开，读表人员宜站在绝缘垫上！**

保护间隙 F 放电电压要低于  $C_N$  的额定电压，在系统中性点无过电压时不应动作。

▼外加电容 C 可以按估算电网电容的  $\frac{1}{3}$  至 3 倍值分为几档来选定，以便进行重复测量，电容器的额定电压应在 1kV 以上。

▼测量工作应在天气良好无大风情况下进行，以免系统发生单相接地后中性点

产生高电压带来危险。

▼电缆馈电系统一般不对称电压很低，为提高系统电容测量精度，要求有较高的不对称电压值，为此可在一相上接入电容器或断开一相电缆，其容量能使不对称电压提高到 2%相电压，不过最后应当从计算出的系统对地电容中减去或加上这一部分电容。

例如，某一 10kV 电缆馈电系统估算的电容电流为 100A，造成人不对称电压为 2%相电压的电容电流

$$I_c \approx 100 \times 2\% = 2A$$

为此可选表 2-5 中截面 95mm<sup>2</sup>，6km 长具有电容电流等于 6A 的三相备用用电缆，使其一相断开（具有 2A 电流），即可满足要求。

▼对没有中性点的电网可以利用连接组标号为 Y • d11 的配电变压器人为构成临时的中性点，然后应用中性点外加电容法确定电网电容电流。

▼在直馈送电系统中，如选择发电机中性点应用外加电容法时，要考虑电机 3 倍次数谐波对不对称电压的影响；

在测量中发电机的零序保护也要暂时退出，以免电机中性点接入 C<sub>N</sub> 后过大的电流使保护误动。

## 五、开口三角注入法

### 5.1 开口三角注入法原理

测量原理如图 2 所示。

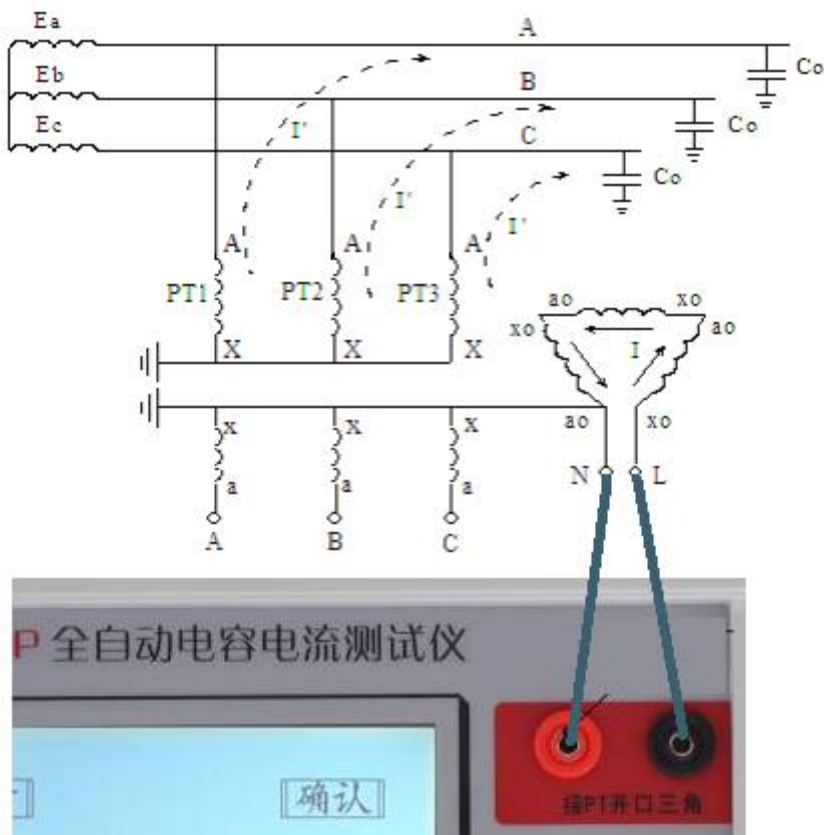
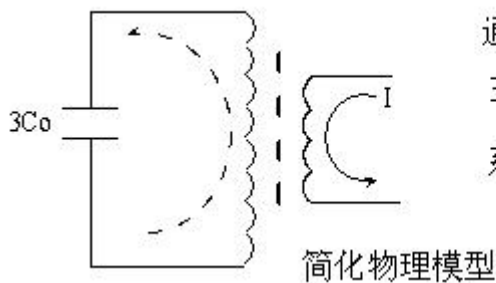


图 19 测量原理图

在图 19 中，从 PT 开口三角注入测量信号，这样在 PT 高压侧就感应出零序电流，其在三相的大小和方向相同，图 19 简化为如下图



通过检测信号可测量出  
三相对地电容值  $3C_0$  和  
系统的电容电流。

## 5.2 PT 接线方式及变比

PT 接线方式和变比会对测试仪的测量结果产生很大的影响。

目前，我国配电网的 PT 接线方式有以下几种：

### 5.2.1 3PT 接线

<http://www.msdq027.com>

承修承试资质高压测试设备供应商

免费电话：400-002-7608

图 20、图 21 所示的系统运行方式，是从开口三角处测量电容电流所必须的运行方式。

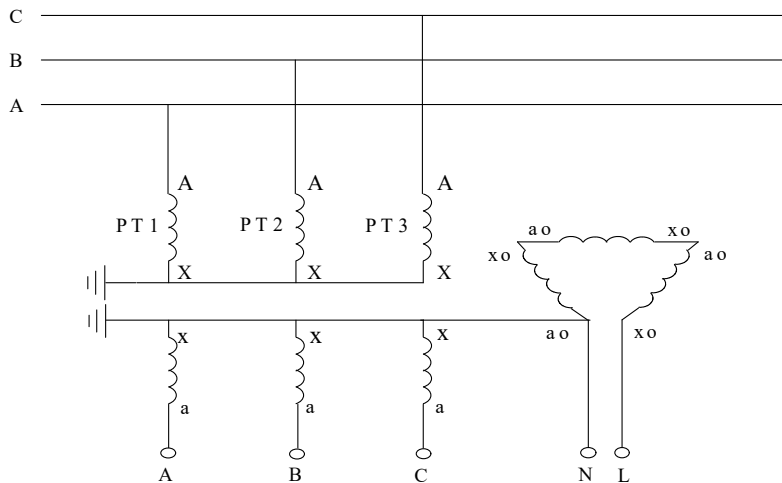


图 20 N 接地方式

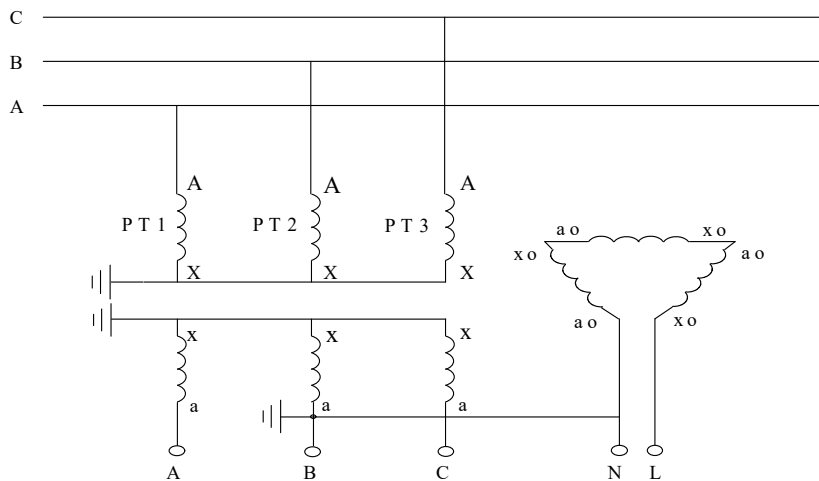


图 21 B 相接地方式

对于一般的配网系统，并不都是处于这样的运行方式下，例如在系统中还接有消弧线圈、PT 高压侧中性点接有高阻消谐器、PT 开口三角接有二次消谐装置等。

图 22 是常见的 3PT 接线运行方式：

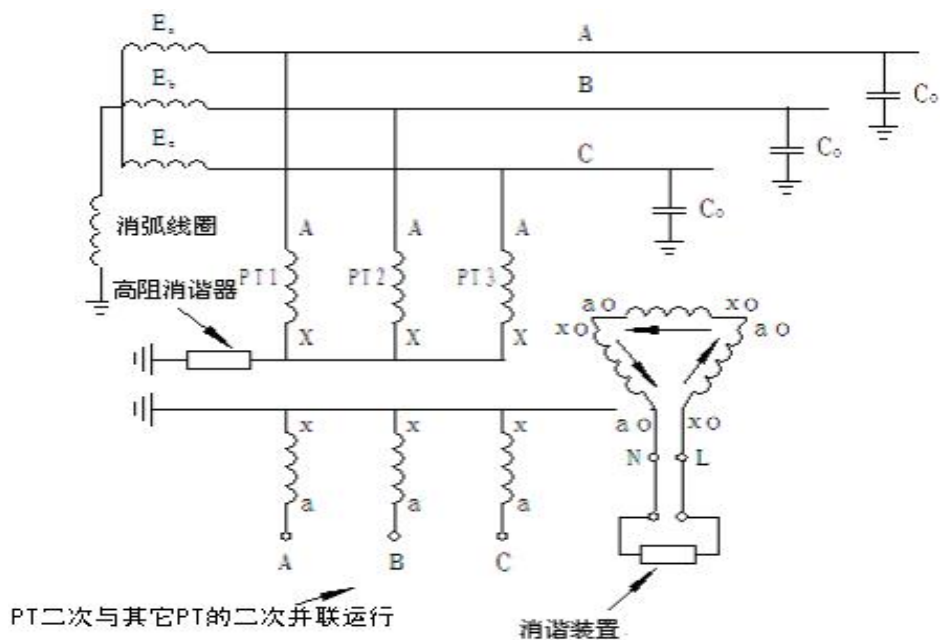


图 22 常见的采用 3PT 接线方式的配网运行方式

这时，为了使用 MS-500P 型全自动电容电流测试仪进行电容电流的测量，必须将运行方式转换为图 4 或图 5 所示的运行方式。

3PT 接线方式的变比设置如下：

3PT式：  
 $10 \text{ kV}/\sqrt{3} / 3*100\text{V} / 3$   
 $6 \text{ kV}/\sqrt{3} / 3*100\text{V} / 3$   
 $35 \text{ kV}/\sqrt{3} / 3*100\text{V} / 3$   
 $10 \text{ kV}/\sqrt{3} / 3*100\text{V}/\sqrt{3}$   
 $6 \text{ kV}/\sqrt{3} / 3*100\text{V}/\sqrt{3}$   
 $35 \text{ kV}/\sqrt{3} / 3*100\text{V}/\sqrt{3}$



### 5.2.2 4PT 接线

4PT 的接线方式有两种接法，分别如图 23 和图 24 所示。

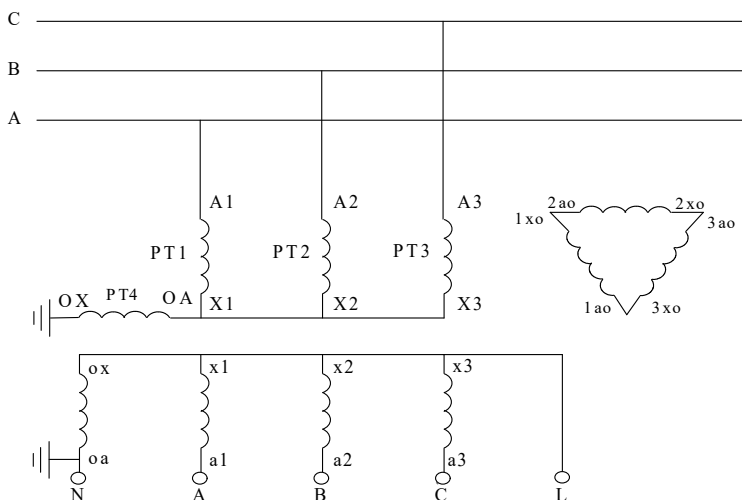


图 23 4PT 接线方式一

图 23 中这种 4PT 的接线方式，组成星形的三个 PT 的开口三角侧被短接，系统零序电压由第四个 PT 的测量线圈来测量，各相电压分别从 A—N、B—N、C—N 端测量。这种接线方式下，系统单相接地时 N—L 端的电压为 57.7V。

在图 23 中，零序 PT（即第 4 个 PT）的二次零序绕组是  $ox-oa$  绕组，其电压通常  $100/\sqrt{3}$  为 V，则测量时 PT 变比为  $\frac{1}{3} \left( \frac{U_L}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} \right)$

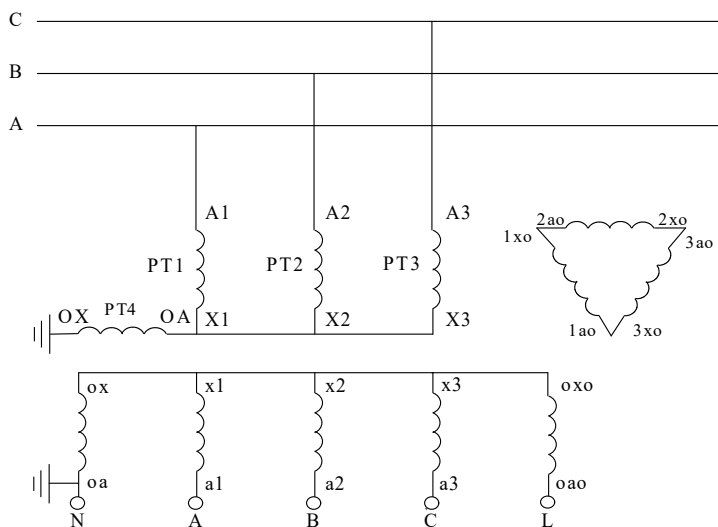


图 24 4PT 接线方式二

图 24 中的接线和图 23 中的接线唯一区别是在 N—L 端串接入第四个 PT 的 33V 二次线圈，这样当系统单相接地时，N—L 两端电压为 91V（即 57.7V+33.3V）。

在图 23 和图 24 中，测量信号都是从 N-L 端注入。

在图 24 中，零序 PT（即第 4 个 PT）的二次零序绕组是由主绕组  $ox-oa$  绕组和副绕组  $oxo-oao$  串联组成，主绕组  $ox-oa$  的电压为  $100/\sqrt{3}$ （V），副绕组  $oxo-oao$  的电压为  $100/3V$ ，则测量时 PT 变比为  $\frac{1}{3} \left( \frac{U_L}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} \cdot \frac{100}{3} \right)$

4PT 接线方式的变比设置如下：

4PT式：	10	kV/ $\sqrt{3}$	/	100V/ $\sqrt{3}+100V$	/3
	6	kV/ $\sqrt{3}$	/	100V/ $\sqrt{3}+100V$	/3
	35	kV/ $\sqrt{3}$	/	100V/ $\sqrt{3}+100V$	/3
	10	kV/ $\sqrt{3}$	/	100V/ $\sqrt{3}$	
	6	kV/ $\sqrt{3}$	/	100V/ $\sqrt{3}$	
	35	kV/ $\sqrt{3}$	/	100V/ $\sqrt{3}$	

当被测的三相对地电容小于 10 微法时，4PT 的接线方式，测量结果是准确的。但当被测电容太大时，测量结果就会随电容的增大而偏差较多。

为准确测量，可将 4PT 接线转变为 3PT 的运行方式，进行测量。

将 4PT 接线的运行方式转变为 3PT 的运行方式的方法如下：

将第 4 个 PT 高压侧短接，并将被短接的开口三角侧打开，从打开两侧注入电流测量即可。

### 5.3 测量准备

测量配网电容电流前必须完成以下操作：

▼ 检查测量用的 PT 高压侧中性点是否安装高阻消谐器，如有，将其短接。从测量原理可知，选用哪组 PT 进行测量，我们就只考虑这组 PT 的接线情况，而无需关心系统内的其他 PT 的情况。

▼ 如果系统中有些 PT 安装高阻消谐器，有些没安装，则完全可以从没有安装高阻消谐器的 PT 进行测量，这样可以省去短接消谐器的工作。

▼ 检查消弧线圈是否全部退出运行。

在有电气联系的被测电压等级系统中所有消弧线圈均要退出运行，并非只退出该变电站的消弧线圈。同时只考虑被测电压等级的情况，无需考虑其他电压等级的情况。

例如，被测变电站 A 为 10kV 系统，并通过联络线与变电站 B 的 10kV 系统相连，变电站 A 有 2 台消弧线圈，变电站 B 有 1 台消弧线圈，则测量时有电气联系的这 3 台消弧线圈均要退出运行；而 35kV 系统有无消弧线圈则无需考虑。

▼ 退出 PT 开口三角的消谐装置。

一般对于微电脑控制的消谐器，其只有在系统有谐振发生时才动作，该类消谐器一般对测量无影响。

▼ 如果 PT 二次侧并列运行（很少见），则将其改为单独运行。

▼ 设置正确的 PT 变比，

一般是采用 100/3V 的二次绕组连接成开口三角，也有采用 100V 的。

▼ 确保将输出信号正确接到图 4 的开口三角 N-L 上。

**正确寻找开口三角的步骤：**

一般二次端子编号为 N600 和 L630。为了确保连接正确：

▼用万用表分别测量 PT 二次侧三相电压和开口三角电压；

▼将三相电压中的最大值减去最小值得到的差和开口三角电压比较，如果两者差不多，就说明找到的开口三角端是正确的；如果两者差别很大，则说明没有正确找到开口三角端。

▼例如，测量得到三相电压分别为 61V、60V、59.5V，则正确的开口三角电压应为 1.5V 左右，如果测量得到的开口三角电压仅为 0.2V，说明找到的开口三角端不正确或 PT 开口三角连线已经断开（在现场实测中发现有多个变电站的 PT 开口三角连线断开情况）。

完成以上操作后，就可以运用 MS-500P 型配网电容电流测试仪进行准确测量电容电流了。

## 5.4、测量步骤

在完成了【5.3 测量准备】后，就可以按照以下操作，准确测量了。

5.4.1、首先仪器可靠接地。

5.4.2、按图 25 接线，将测试仪的电流输出端与 PT 开口三角端连接，对于 4PT 接线方式的系统，则将仪器的电流输出端与图 20 或图 21 中所示的 N-L 端相连即可。

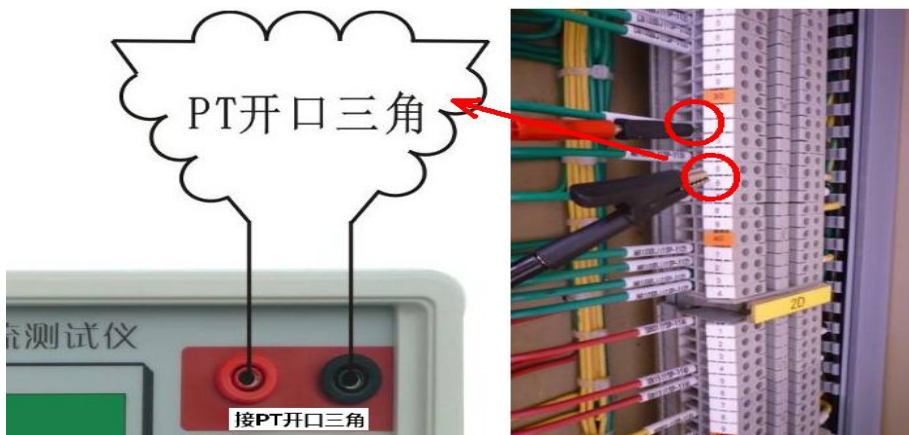


图 25 测量接线图

5.4.3、接通电源后，面板上绿色发光二极管点亮，仪器进入图 26 开机界面。



图 26 开机界面



图 27 设置 PT 变比画面

旋转鼠标，将光标移至**设置**位置，再按**确认**键进入图 27 设置菜单。

根据菜单选项，按确定选取正确的 PT 变比。

◆ 保存设置变比值



图 28 保存设置

◆ 开始测量

开始测量前，将测量输入开关拨向通，旋转鼠标选中【测量】，在光标处于图 2 主画面【测量】位置时，按【确认】键，仪器开始进入自动测量状态，屏幕显示图 29 【自动扫频测量，请等待 45 秒。。。】，此过程持续约 45 秒左右。

测量完成后，仪器会将测试结果显示在屏幕中间，如图 30 测量结果显示。

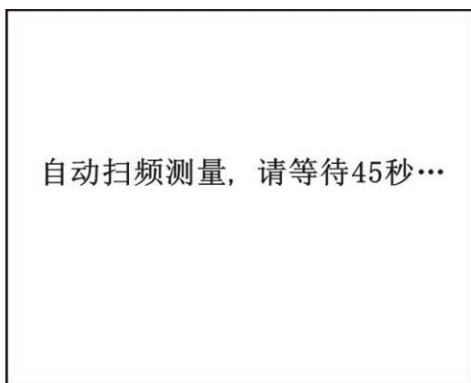


图 16 测量扫频过程 29

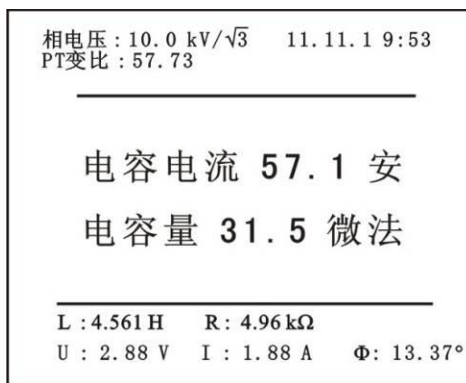


图 30 测量结果显示

旋转鼠标后会在屏幕下方显示下图：

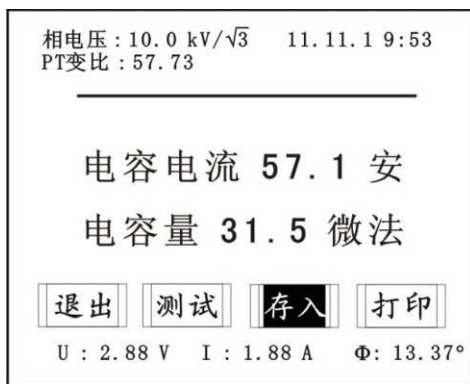


图 31 存入测量数据

选择 **测试**，进入抗干扰测量状态。

选择 **存入**，进入存储测量数据状态。

选择 **打印**，仪器自动打印本次测量结果；

选中 **退出**，进入下一画面，此画面为储存画面：



图 32 存入数据



图 32 清除数据记录

**加 1** 测量结果存入第 2 组。 **退出** 进入清除测试记录。

**减 1** 测量结果存入第 255 组。 **确认** 数据存入第 1 组。

进入主画面，旋转鼠标选中查询，按**确认**键进入查询菜单。



图 33 查询测量记录

**加 1** 将查询第 2 组记录。 **退出** 仪器反回主画面。

**减 1** 将查询第 255 组记录。 **确认** 将查询第 1 组记录。

## 六、仪器成套

序号	名称	数量
1	仪器主机	1 台
2	高压测量杆（含低压表、连接线）	1 套
3	高压电容（10kV 35nF、红色连接线）	1 套
4	高压电缆（耐受 30KV）	1 根
5	高压保险管 2A(Φ25×190)	2 个
6	高压保险卡座	1 套
7	保护间隙（放电电压小于 500V）	1 个
8	AC220V 电源线	1 根
9	保险管 2A(Φ5×20)	5 个
10	短接线	4 根



11	接地线	1 根
12	打印纸	2 卷
13	产品说明书	1 份
14	出厂检验报告及合格证	1 份



随机附件图