

NEPRI-6299 集中式变压器试验装置

说明书



国科电研（武汉）股份有限公司

目 录

一. 概述	2
二. 直流电阻测试.....	4
三. 回路电阻测试.....	6
四. 线路参数测试	8
五. 接地线成组测试.....	14
六. 接地引线导通测试.....	15
七. 变压器损耗参数测试	17
八. 变压器短路阻抗测试	26
九. 变压器容量分析	30
十. 变压器变比测试	34
十一. 氧化锌避雷器带电测试.....	37
十二. 自动抗干扰精密介质损耗测试.....	41
十三. 售后服务.....	50

一. 概述

移动试验系统和车载试验系统的全新标杆！

高度集成化电路、网路模块化结构、集中式操作界面！

集 11 种仪器（可以自由搭配那几种功能）、多种测试功能于一体，体积重量大大减小！

全程菜单提示，单键操作，无比方便！

主要功能及特点：

1. 具有变压器直流电阻、变压器有载开关、接地引线导通、导电回路电阻、接地线成组等电阻类测试功能。
2. 具有变压器变比、变压器空载负载损耗、变压器短路阻抗、变压器容量、输电线路参数、电容电感参数等交流参数测试功能。
3. 具有避雷器泄漏电流、介质损耗等绝缘类测试功能。
4. 全部功能通过一个大屏幕触摸屏完成操作。
5. 具有 RS-485, USB, 及无线通信接口。

主要技术指标：

1. 变压器直流电阻测量精度：0.2%±2 字，测量范围：100 $\mu\Omega$ ~10k Ω
2. 接地引线导通电阻测量精度：0.5%±2 字，测量范围：100 $\mu\Omega$ ~10 Ω
3. 变压器有载开关电阻测量精度：±5%±0.1 Ω ，测量范围：0~40 Ω
4. 回路电阻测量精度：±0.5%±3 字，测量范围：0~20m Ω
5. 变压器变比测量精度：±0.1%±2 字，测量范围：0.8~5000
6. 交流参数测量精度：电压±0.2%±2 字，测量范围：0~800V
电流±0.2%±2 字，测量范围：0~80A
功率±0.5%±3 字
7. 电容电感测量精度：±1%±3 字，测量范围：1 μF ~2000 μF ，1mH~20H
8. 避雷器泄漏电流测量精度：±5%±3 字，测量范围：0~20mA
9. 介质损耗测量精度：±1%±0.0004，测量范围：3PF~1.5 Mf
10. 各测试项可储存 100 次测量数据，掉电不丢失。
11. 全部汉字菜单及操作提示，直观方便。

- 12. 内置微型打印机，可打印测量结果和内存记录。
- 13. 具有 RS-485 接口，可与计算机通信。
- 14. 7 寸彩屏触摸液晶，全部汉字菜单及操作提示，直观方便。
- 15. USB 测试数据导出。
- 16. 时钟掉电不丢。
- 17. 工作电源： AC220V±10%
- 18. 环境温度： -10~40° C

操作方法：

打开电源后进入图 1-1 所示界面，轻触“系统设置”按钮进入图 1-2 所示界面，在此可以设置系统的日期、时间、通讯方式及通讯波特率，设置完成后轻触“确认”按钮保存设置并返回到图 1-1 界面，或轻触屏幕右上角“✖”放弃保存设置并返回到图 1-1 界面。轻触图 1-1 中“测试项目”按钮进入图 1-3 所示界面，在此可以选择需要的测试项目并进入相应的测试界面。



图 1-1



图 1-2

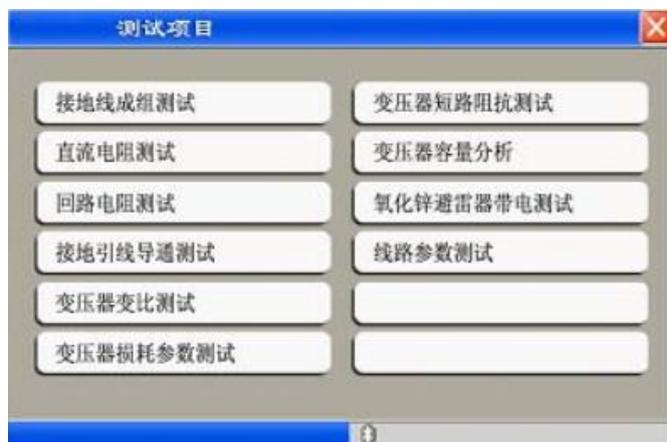


图 1-3

二. 直流电阻测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“直流电阻测试”进入如图 2-1 所示界面，测量前必须进行相应的参数设置。轻触图 2-1 中“测试参数”按钮进入图 2-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



各参数说明如下：

设备地址：25（注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。

一般开头一位是一位字符，后面两位代表变压器类型，后六位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 500000），单位为 KVA，如变压器类型为 S9，容量为 63000KVA，则其编号一栏应输入：S09063000。

测试相别：当前测试相。

测试电流：测试输出电流，可选择固定输出电流；自动设置的输出电流是尽量使用较大的电流，可能输出从 0 到最大值的各种电流；手动设置输出从 0 到最大值的各种电流。

分接总数：有载调压变压器分接开关分接点总数。

当前分接：当前分接开关分接点所在位置，分接 1 对应变压比最小的分接点。

参数设定好后轻触“测量”按钮保存参数并进入测量状态，显示变化的充电电流和测量时间，充电完成后自动显示电阻值。等数据稳定后，轻触“停止”按钮停止当前测试，进入放电状态，放电结束后，完成一次电阻测量，按钮上黑色“●”变成红色，此时可以进行存储和打印功能。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。

主要技术指标：

1. 主要技术指标见下表：

电流挡	测量范围	电流挡	测量范围
1mA	500Ω~10 k Ω	10A	5mΩ~1Ω
5mA	100Ω~ 2 k Ω	20A	0.3mΩ~500mΩ
30mA	20Ω~300Ω	50A	0.2mΩ~150mΩ
0.2A	3Ω~50Ω	75A	0.2mΩ~100mΩ
1A	500mΩ~10Ω	100A	0.1mΩ~75mΩ
5A	10mΩ~2Ω		
小于上述测量范围的电阻请使用最大或自动量程			

2. 最高分辨率： 0.1μΩ

注意事项：

1. 由于本设备输出电流范围较大，在测量之前一定要考虑电流选择不要超过被测设备承受范围，过大的电流会导致被测电阻因电流热效应而发生阻值逐渐变化。
2. 自动电流挡的输出电流是尽量使用较大的电流，可能输出从 0 到最大值的各种电流。
3. 同一个测试钳的两条线要分别接到同颜色的电流和电压接线柱。
4. 每次测试完毕后，等待放电指示结束后再拆测试线，操作者应注意安全。

三. 回路电阻测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“回路电阻测试”进入如图 3-1 所示界面，测量前必须进行相应的参数设置。轻触图 3-1 中“测试参数”按钮进入图 3-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 3-1



图 3-2

相应参数设定好后轻触“测量”按钮保存参数并进入测量状态，显示变化的充电电流和测量时间，充电完成后自动显示电阻值。等数据稳定后，轻触“停止”按钮时停止当前测试，进入放电状态，放电结束后，完成一次电阻测量。此时可进行“存储”和“打印”操作。轻触“返回”按钮返回到图 3-1

主要技术指标：

1. 主要技术指标见下表：

测量范围	输出电流	测量精度
0~20mΩ	100A	0.5%±3 字
0~10mΩ	200A	0.5%±3 字
0~5mΩ	300A	0.5%±3 字
0~3mΩ	500A	0.5%±3 字
0~2mΩ	600A	0.5%±3 字

2. 最高分辨率：0.1μΩ

注意事项：

1. 如果现场感应电很强，应将被测回路先接地，再接测试线，否则会烧坏仪器。

2. 在使用比较长的测试线时，实际测量范围会有所减小。
3. 由于输出电流比较大，所有连接点（接线柱，测试钳）一定要可靠连接。
4. 测量过程中若出现异常情况，请按复位键或关机，若无法恢复正常请和本公司联系，不得自行拆卸。

四. 线路参数测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“三回路直流电阻测试”进入如图 4-1 所示界面，测量前必须进行相应的参数设置。轻触图 4-1 “测试参数”按钮进入图 4-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 4-1



图 4-2

各参数说明如下：

设备地址： 35（注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。

测试项目：当前需要测试的项目选择。

输电线路总长度，单位 km，用于计算每公里测量值。

电压变比：外接一次电压互感器变比，若不接电压互感器，则电压变比应设为 1。

电流变比：外接一次电流互感器变比，若不接电流互感器，则电流变比应设为 1。

电压保护定值：过压保护定值（在选配有出口模块时有效）。

电流保护定值：过流保护定值（在选配有出口模块时有效）。

参数设定好后按“确认”进入测量界面图 4-3，按“测量”键，进入测量。等到数据稳定后，按“锁存”键，当“锁存”键右上方的黑色“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。锁存键释放并有新测量数据刷新时，“存储”键右上方的红色“●”变成黑色，数据再次锁存后可重新存储。如果需要更换测量方式，点击原来的**三相正序阻抗**位置，在右面出现的测量项目列表中选择所需项目即可。“升压”、“降压”、“急停”键完成调压器的升降控制（在选配有出口模块时有

效)，这三个键的右上方的“●”表示控制状态，红色表示当前命令状态。

轻触“返回”按钮返回到图 4-1



图 4-3

接线方法：

1. 输电线路正序阻抗的测量：

将线路末端三相短路悬浮。当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时，按图 4-4 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 4-5 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 4-6 接法测量。测试项目菜单中应选择“正序阻抗”。

2. 输电线路线间阻抗的测量：

线间阻抗是指测量任意两相线路之间的阻抗（单相法测量正序阻抗），测量结果为单相平均阻抗。将线路末端两相短路悬浮。当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时，按图 4-7 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 4-8 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 4-9 接法测量。测试项目菜单中应选择“线间阻抗”。

3. 输电线路零序阻抗的测量：

将线路末端三相短路并接地。当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时，按图 4-10 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 4-11 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 4-12 接法测量。测试项目菜单中应选择“零序阻抗”。

4. 输电线路地阻抗的测量：

线地阻抗是指用单相法测量任意单相线路对地之间的阻抗。将所测线路末端接地。接线方法和零序阻抗基本相同，唯一的区别是线路测试端只接一相线，不用把线路测试端三相连在一起。测试项目菜单中应选择“线地阻抗”。

5. 输电线路正序电容的测量：

线路测试端接线方法和正序阻抗完全相同，线路末端三相独立悬浮。测试项目菜单中应选择“正序电容”。

6. 输电线路间电容的测量：

线间电容是指用单相法测量任意两相线路之间的电容。线路测试端接线和线间阻抗完全相同，线路末端三相独立悬浮。测试项目菜单中应选择“线间电容”。

7. 输电线路零序电容的测量：

线路测试端接线方法和零序阻抗完全相同，线路末端三相独立悬浮。测试项目菜单中应选择“零序电容”。

8. 输电线路地电容的测量：

线地电容是指用单相法测量任意一相线路对地之间的电容。线路测试端接线方法和线地阻抗完全相同，线路末端三相独立悬浮。测试项目菜单中应选择“线地电容”。

9. 输电线路互感阻抗的测量：

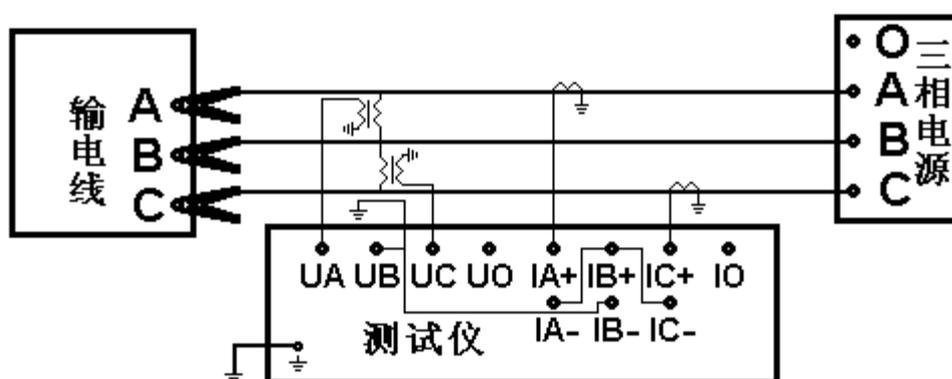
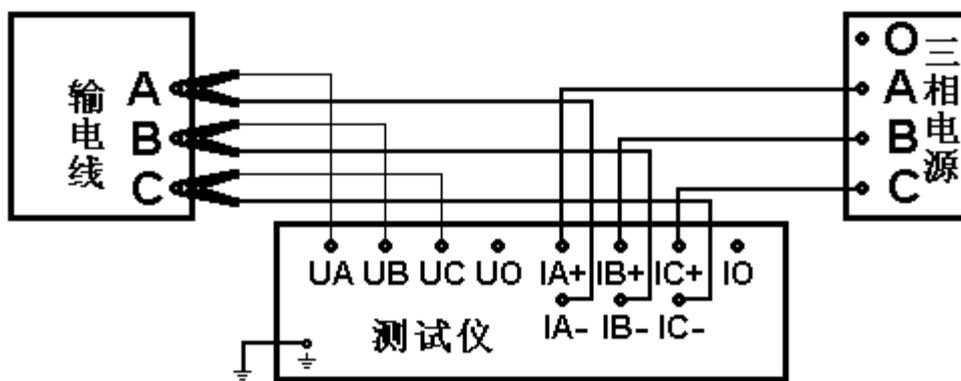
线路测试端接线方法见图4-13，线路1和线路2末端均三相短路接入大地。测试项目菜单中应选择“互感阻抗”。

主要技术指标：

1. 基本测量精度： 电压、电流、阻抗 0.2级， 功率 0.5级
2. 电压测量范围： AC0~800V
3. 电流测量范围： AC0~80A
4. 工作温度： -10℃ ~ 40℃
5. 环境湿度： 10% ~ 85%
6. 存储温度： -20℃ ~ 50℃

注意事项：

1. 使用仪器时请按本说明书接线和操作。
2. 接地端子或电源线中的接地端应就近可靠接地。
3. 测试开始前请输入正确的设置参数。
4. 电流回路用粗线连接，电压回路用细线连接。
5. 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。
6. 请不要在电压或电流输入过载条件下工作。
7. 内存最多可储存 100 次测量结果，超过 100 次时最老的记录将被覆盖，请注意及时抄录。
8. 为安全起见，一次测试完成后应储存数据，然后断开三相测试电源，再翻看锁定数据或从存储器中仔细查看各项数据。
9. 若仪器出现故障，请及时和本公司联系，不要自行拆卸。



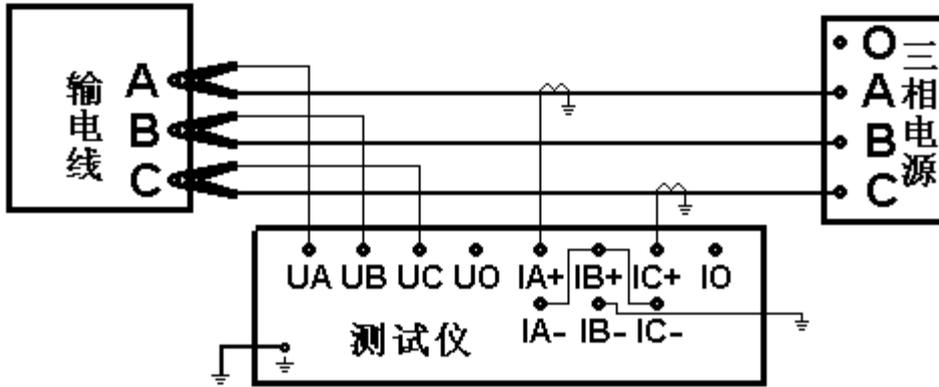


图 4-6 三相三线外接电流互感器接线图

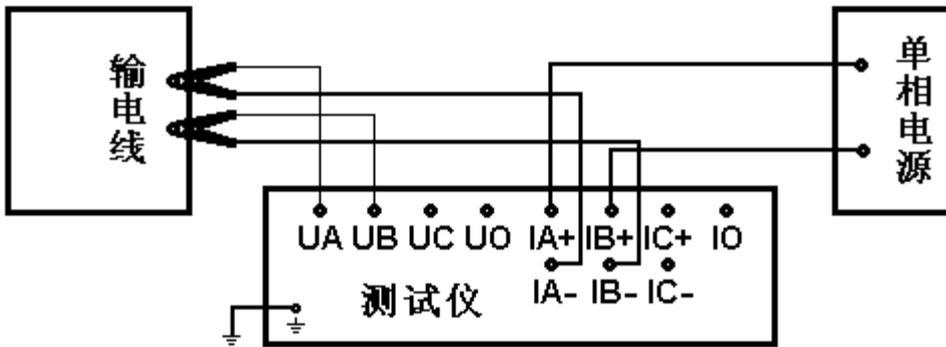


图 4-7 单相直接测量接线图

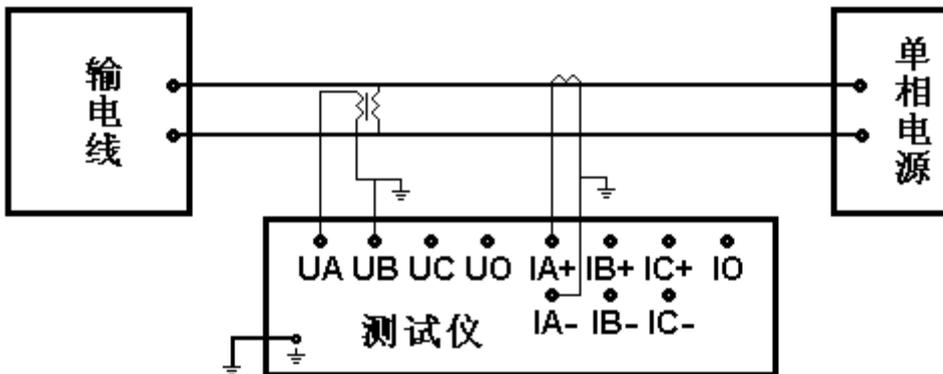


图 4-8 单相外接电压互感器和电流互感器接线图

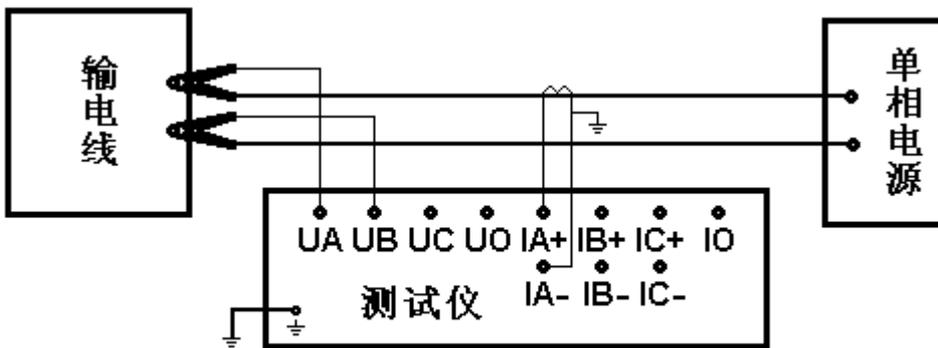


图 4-9 单相外接电流互感器接线图

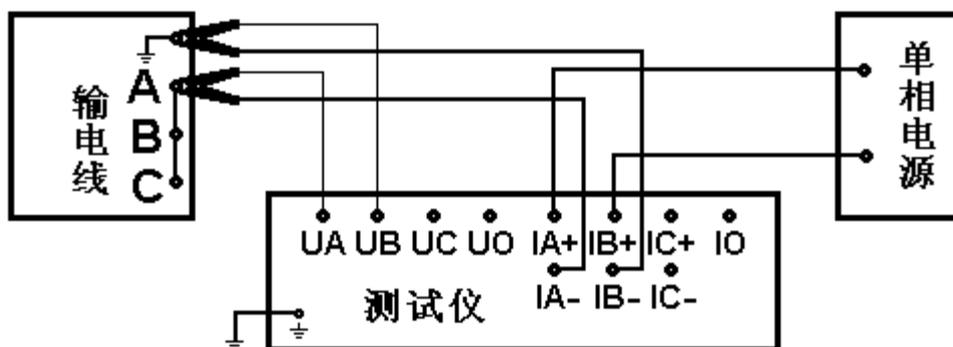


图 4-10 零序直接测量接线图

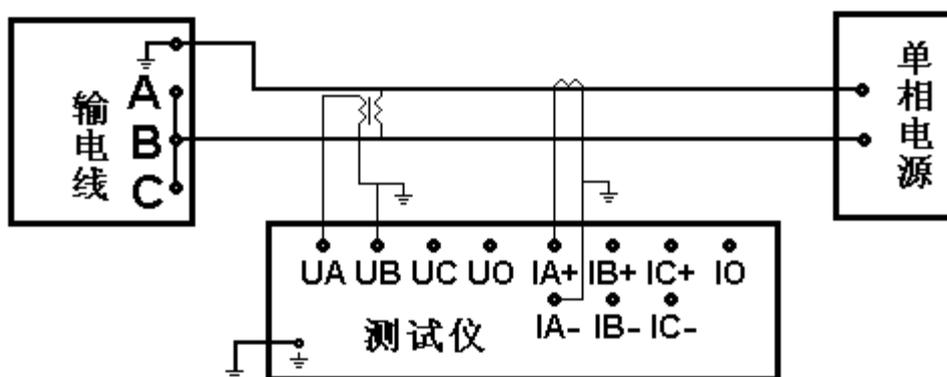


图 4-11 零序外接电压互感器和电流互感器接线图

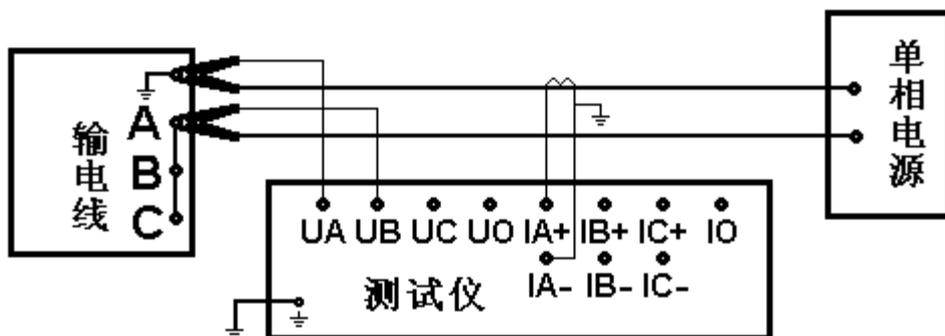


图 4-12 零序外接电流互感器接线图

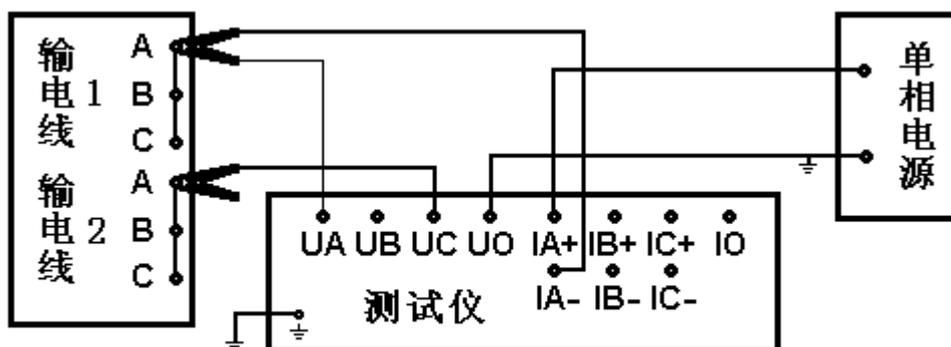


图 4-13 互感阻抗测量接线图

五. 接地成组测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“接地成组测试”进入如图 5-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 5-1“测试参数”按钮进入图 5-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 5-1



图 5-2

相应参数设定好后轻触“测量”按钮保存参数并进入测量状态，等数据稳定后，轻触“换相”按钮，此时不停止测量，换到下一相，倒好接线等数据稳定后再换下一相，当测量完成后，即可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。再次按“测量”并有新测量数据刷新时，“存储”键右上方的红色“●”变成黑色，数据再次锁存后可重新存储。轻触“停止”按钮时停止当前测试。轻触“返回”按钮返回到图 5-1

主要技术指标：

1. 测量范围：30A(100μΩ~150mΩ), 50A(100μΩ~80mΩ)
2. 测量精度：0.5%±3 字
3. 最高分辨率：0.1μΩ

注意事项：

1. 不断电连续测量时，断开和接通测试钳时会有少许火花，操作时注意安全，如果考虑火花会对被测品造成损伤，可退出测量后再断开测试钳。
2. 由于输出电流比较大，所有连接点（接线柱，测试钳）一定要可靠连接。
3. 测量过程中若出现异常情况，请按复位键或关机，若无法恢复正常请和本公司联系，不得自行拆卸。

六. 接地引线导通测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“接地引线导通测试”进入如图 6-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 6-1 “测试参数”按钮进入图 6-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 6-1



图 6-2

相应参数设定好后轻触“测量”按钮保存参数并进入测量状态，等数据稳定后，轻触“停止”按钮时停止当前测试，按钮上“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。锁存键释放并有新测量数据刷新时，“存储”键右上方的红色“●”变成黑色，数据再次锁存后可重新存储。轻触“返回”按钮返回到图 6-1

主要技术指标：

1. 主要技术指标见下表：

输出电流	测量范围	测量精度
0~5A	1mΩ~10Ω	0.5%±3 字
0~10A	1mΩ~10Ω	0.5%±3 字
0~20A	500μΩ~10Ω	0.5%±3 字
0~30A	500μΩ~10Ω	0.5%±3 字
0~40A	200μΩ~5Ω	0.5%±3 字
0~50A	200μΩ~5Ω	0.5%±3 字
0~100A	100μΩ~5Ω	0.5%±3 字

2. 最高分辨率： $1\mu\Omega$

注意事项：

1. 请在使用前仔细阅读本使用说明书，按使用说明操作。
2. 自动电流挡的输出电流是尽量使用较大的电流，可能输出从 0 到最大值的各种电流。
3. 同一个测试钳的两条线要分别接到同颜色的电流和电压接线柱，粗线接电流接线柱，细线接电压接线柱。
4. 每次测试完毕后，等待放电指示结束后再拆测试线，操作者应注意安全。
5. 存储器最多可存储 250 次测量结果，超过 250 次以后最老的记录将被覆盖。
6. 测量过程中若出现异常情况，请按复位键或关机，若无法恢复正常请和本公司联系，不得自行拆卸。

七. 变压器损耗参数测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“变压器损耗参数测试”进入如图 7-1 所示界面，测量前必须进行相应的参数设置。轻触图 7-1 “测试参数”按钮进入图 9-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 7-1



图 7-2

各参数说明如下：

设备地址：35（注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。一般开头一位是一位字符，后面两位代表变压器类型，后六位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 500000），单位为 KVA，如变压器类型为 S9，容量为 63000KVA，则其编号一栏应输入：S09063000。

高压电压变比：外接一次电压互感器变比，若不接外部电压互感器，则电压变比应设为 1（负载测量）。

高压电流变比：外接一次电流互感器变比，若不接外部电流互感器，则电流变比应设为 1（负载测量）。

低压电压变比：外接一次电压互感器变比，若不接外部电压互感器，则电压变比应设为 1（空载测量）。

低压电流变比：外接一次电流互感器变比，若不接外部电流互感器，则电流变比应设为 1（空载测量）。

变比说明：在图 7-2 中，分别设置好高低压侧的变比，根据测量方式的不同自动选择。

额定高压：变压器高压侧额定电压，单位 kV。

额定低压：变压器低压侧额定电压，单位 kV。

额定高流：变压器高压侧额定电流，单位 A。

额定低流：变压器低压侧额定电流，单位 A。

额定温度：变压器额定温度，用于变压器负载损耗测量时将测试结果从当前温度校正到额定温度，单位℃。

当前温度：变压器绕组当前温度，用于变压器负载损耗测量时将测试结果校正到额定温度，单位℃。

额定容量：变压器额定容量，单位 kVA，此参数用于阻抗电压温度校正。

高压电阻：以欧为单位输入的变压器高压侧平均相间电阻，如果是单相的电阻值，乘以 2 再输入。

低压电阻：以毫欧为单位输入的变压器低压侧平均相间电阻，如果是单相的电阻值，乘以 2 再输入。

低压电流：低压侧额定电流，单位 A。

电阻温度：测量高低压侧电阻时的绕组温度，用于温度校正，单位℃。

如果不考虑附加损耗，可以将高压电阻、低压电阻、低压电流、电阻温度四个参数设置为 0；如果考虑附加损耗，必须输入准确的参数值。

变压器空载损耗测量时，本仪器有自动波形畸变校正功能（与设置参数无关）及电压校正功能（根据额定电压计算）。变压器负载损耗测量时，本仪器有电流校正功能（根据额定电流计算）及温度校正功能（根据当前温度、额定温度和额定容量计算）。

参数设定好后按“确认”进入测量界面图 7-3，按“返回”返回到图 7-1。图 7-3 中测试项目可根据需要修改，无需回到图 7-2 界面，方便在不改变其他参数只是改变测量项目时使用。例如：在图 7-2 中设好三相三线空载，到图 7-3 界面后，检查一下图左侧的参数确认无误后按“测量”键，进入测量。等到数据稳定后，按“锁存”键，“锁存”键在非分相测量方式时是个开关键，当“锁存”键右上方的黑色“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。锁存键释放并有新测量数据刷新时，“存储”键右上方的红色“●”变成黑色，数据再次锁存后可重新存储。如果需要更换测量方式，换为三线分相空载，点击原来的**三相三线空载**

位置，在右面出现的测量项目列表中选择所需项目即可。关于分相测量的操作流程参见：接线方法中的“三线分相变压器空载损耗测量”。“升压”、“降压”、“急停”键完成调压器的升降控制，这三个键的右上方的“●”表示控制状态，红色表示当前命令状态。



图 7-3



图 7-4

谐波按钮分析电压电流 2-26 次谐波含量及总谐波含量图 7-4，谐波测量需在测量有效值后进行测试。按“上一页”回到图 7-3

显示数据说明如下：

1. 电压，电流，功率，功率因数，频率为当前条件下实测值，三相表示三相平均值，功率为三相总和。
2. 为了便于电压平均值和有效值比较，电压平均值已经乘了系数 1.11072，对于理想正弦波，电压有效值和平均值相等，当有效值和平均值有差别时说明波形有失真。
3. 空载电流和阻抗电压为百分比形式，依赖于正确的辅助参数，该值可以和变压器名牌上的值比对。
4. 空载损耗和负载损耗为校正到额定条件的换算值，依赖于正确的辅助参数，该值可以和变压器名牌上的值比对。

接线方法：

10. 三相四线变压器空载损耗测量：

将变压器非测试端开路，当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时可按图 7-5 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 7-6 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 7-7 接法测量。三相

四线接法等效于三功率表测量方法,测试项目菜单中应选择“三相四线空载”。

11. 三相三线变压器空载损耗测量:

将变压器非测试端开路,当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时,可按图 7-8 接法测量。当测试电压超过测试仪允许输入范围时,必须外接电压互感器和电流互感器,按图 7-9 接法测量。当测试电流超过测试仪允许输入范围而测试电压不超过测试仪允许输入范围时,按图 7-10 接法测量。三相三线接法等效于两功率表测量方法,测试项目菜单中应选择“三相三线空载”。

12. 三线分相变压器空载损耗测量

用单相试验电源测量三相变压器的空载损耗,试验电源施加于变压器低压侧绕组,输入正确的设置参数,被测变压器的低压侧绕组连接方式为星形连接时按图 7-11 接线,单相空载损耗测量时,对于低压侧额定电压 400V 的变压器,施加电压为 461.9V 时才达到额定电压,分三次测量,在图 7-2 的测试项目中选择“三线分相空载”按“确认”进入图 7-3,或在图 7-3 未点击“测量”键前,在测试项目中选择“三线分相空载”,再按“测量”键进入测试状态,屏幕下部提示“三线 AB 相空载测试,按锁存键换 CA 相”,此时给变压器低压侧 ab 加电,并将 co 短路,接通试验电源,等 AB 相数据稳定后,按“锁存”键,屏幕下部提示“三线 CA 相空载测试,按锁存键换 BC 相”,不要退出测量状态,断开试验电源,改变接线给变压器低压侧 ca 加电,并将 bo 短路,接通试验电源,等 CA 相数据稳定后,按“锁存”键,屏幕下部提示“三线 BC 相空载测试,按锁存键结束”,不要退出测量状态,断开试验电源,改变接线给变压器低压侧 bc 加电,并将 ao 短路,接通试验电源,这时仪器根据三相数据计算出变压器空载损耗。等数据稳定后,按“锁存”键,屏幕下部提示“分相测量结束”,锁存键回复锁存数据功能,数据同时被锁存,“锁存”右上方的“●”变成红色,即可进行“存储”和“打印”操作,三相测量结束,断开试验电源,整个分相测量结束。**注:**如果不能加到额定电压,空载电流结果没有意义。

13. 单相变压器空载损耗测量:

将变压器非测试端开路,当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时,按图 7-11 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时,必须外接电压互感器和电流互感器,按图 7-12 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时,按图 7-13 接法测量。单相

接法等效于单功率表测量方法，可测试单相变压器或三相变压器的某一相，测试项目菜单中应选择“单相空载测量”。

14. 三相四线变压器负载损耗测量：

用足够粗的线将变压器二次侧引线端全部可靠短路，并确保接触电阻可以忽略。当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时可按图 7-5 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 7-6 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 7-7 接法测量。三相四线接法等效于三功率表测量方法，测试项目菜单中应选择“三相四线负载”。

15. 三相三线变压器负载损耗测量：

用足够粗的线将变压器二次侧引线端全部可靠短路，并确保接触电阻可以忽略，当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时，可按图 7-8 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 7-9 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 7-10 接法测量。三相三线接法等效于两功率表测量方法，测试项目菜单中应选择“三相三线负载”。

16. 三线分相变压器负载损耗测量：

用单相试验电源测量三相变压器的负载损耗，试验电源施加于变压器高压侧绕组，输入正确的设置参数，将低压侧全部可靠短路。分三次测量，操作过程同三线分相变压器空载损耗测量。

17. 单相变压器负载损耗测量：

用足够粗的线将变压器二次侧引线端全部可靠短路，并确保接触电阻可以忽略，当测试电压和测试电流都不超过本测试仪允许输入范围时，按图 7-11 接法测量。当测试电压超过本测试仪允许输入范围时，必须外接电压互感器和电流互感器，按图 7-12 接法测量。当测试电流超过本测试仪允许输入范围而测试电压不超过本测试仪允许输入范围时，按图 7-13 接法测量。单相接法等效于单功率表测量方法，可测试单相变压器或三相变压器的某一相，测试项目菜单中应选择“单相负载测量”。

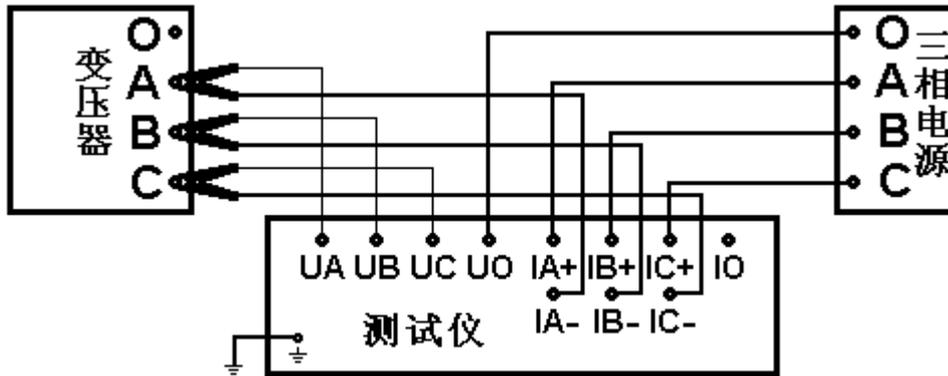


图 7-5 三相四线直接测量接线图

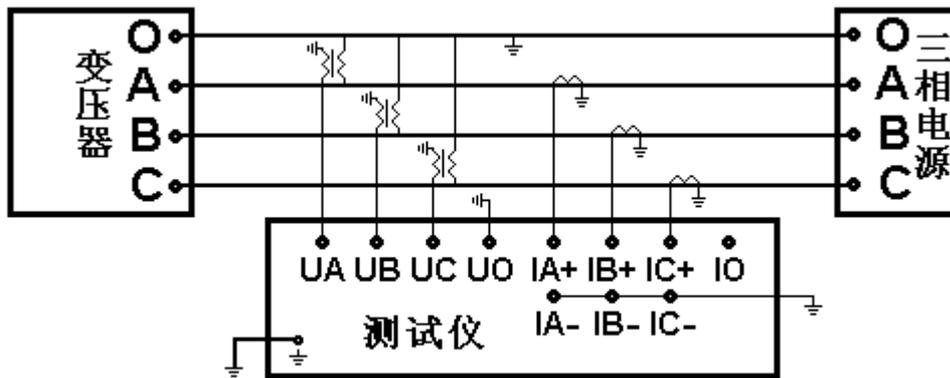


图 7-6 三相四线外接电压互感器和电流互感器接线图

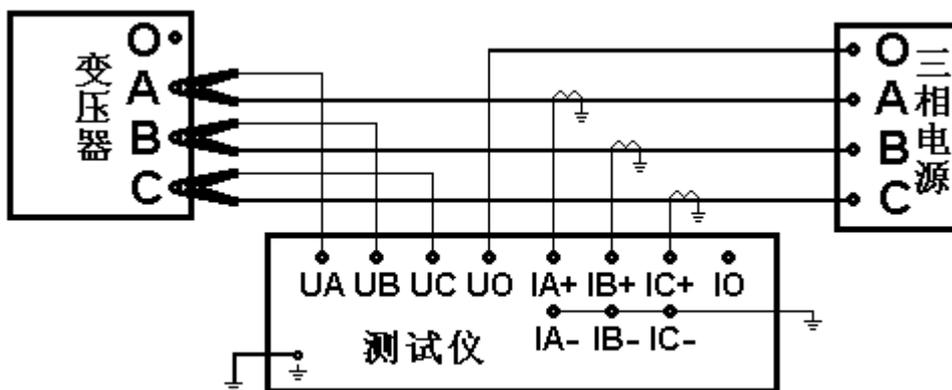


图 7-7 三相四线外接电流互感器接线图

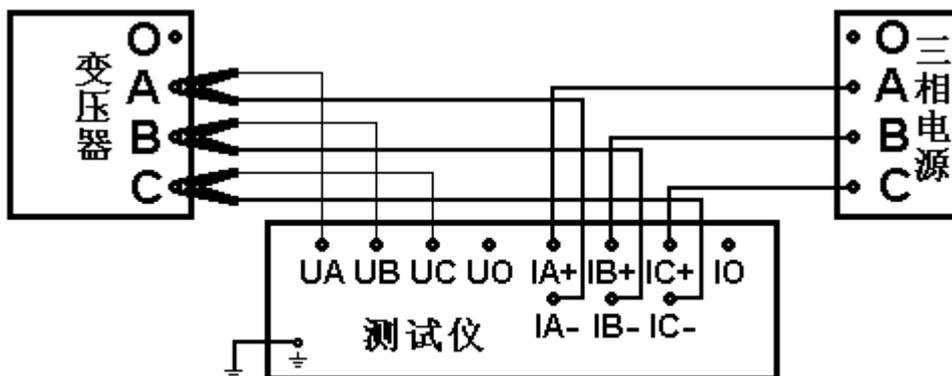


图 7-8 三相三线直接测量接线图

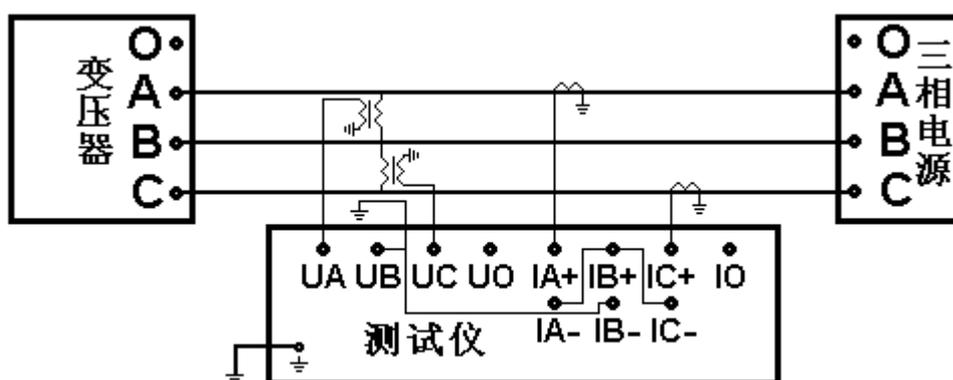


图 7-9 三相三线外接电压互感器和电流互感器接线

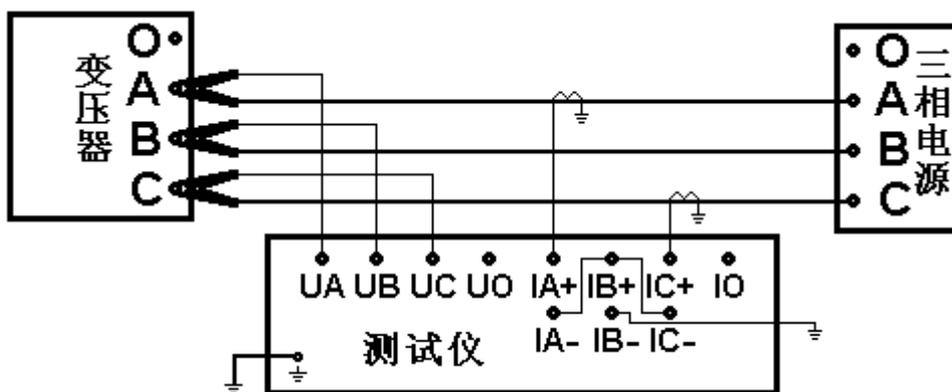


图 7-10 三相三线外接电流互感器接线图

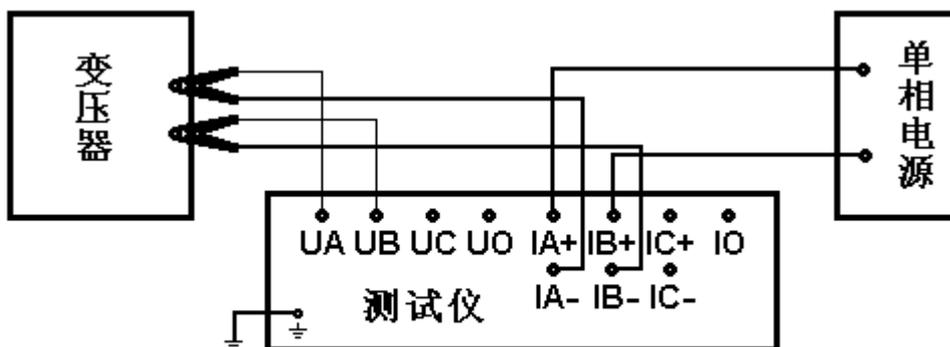


图 7-11 单相变压器直接测量接线图

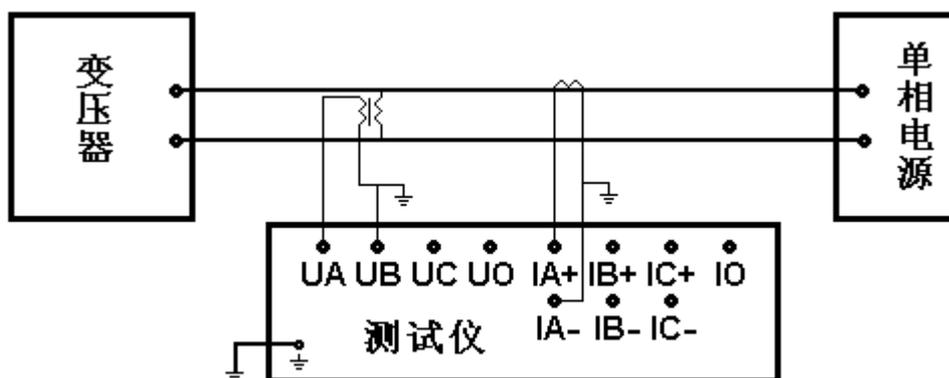


图 7-12 单相外接电压互感器和电流互感器接线图

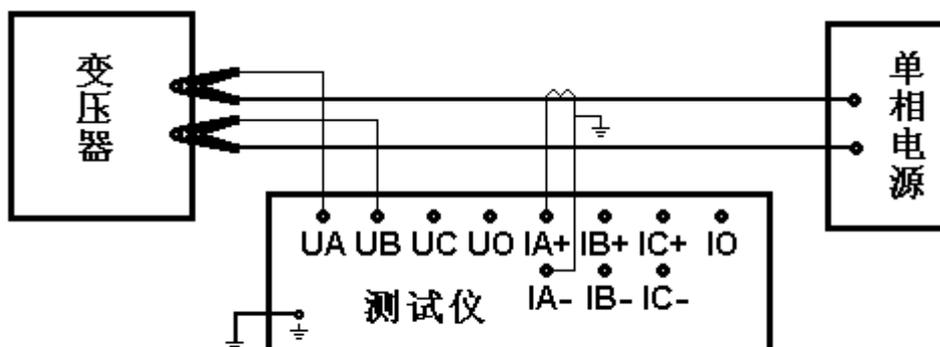


图 7-13 单相外接电流互感器接线图

主要技术指标：

7. 基本测量精度： 电压、电流 $0.2\% \pm 3$ 字
功率 $0.5\% \pm 3$ 字($\cos \phi > 0.1$)， $1.0\% \pm 3$ 字($0.01 < \cos \phi \leq 0.1$)
8. 电压测量范围： AC0~800V
9. 电流测量范围： AC0~80A
10. 频率测量范围： 45~200Hz

注意事项：

10. 使用仪器时请按本说明书接线和操作。
11. 接地端子应就近可靠接地。
12. 测试开始前请输入正确的辅助参数，仪器内部的校正运算都依赖于输入的辅助参数。
13. 空载损耗测量时，在非额定电压条件下，电压校正是一种近似校正，所以请尽量在额定电压条件下进行测量。
14. 负载损耗测量时，为保证校正精度，施加电流应大于额定电流的 25%。对于容量较大的变压器或干式变压器，由于附加损耗比重较大，所以温度校正时需计算附加损耗，否则可能误差较大。
15. 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。
16. 电流回路用粗线连接，电压回路用细线连接。
17. 请不要在电压或电流输入过载条件下工作。

18. 为安全起见，一次测试完成后应锁定数据，然后断开三相测试电源，再看或打印锁定数据。
19. 内存最多可储存 100 次测量结果，超过 100 次时最老的记录将被覆盖，请注意及时抄录。
20. 若仪器出现故障，请及时和本公司联系，不要自行拆卸。

八. 变压器短路阻抗测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“变压器短路阻抗测试”进入如图 8-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 8-1 “测试参数”按钮进入图 8-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 8-1



图 8-2

各参数说明如下：

设备地址：35 （注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。一般开头一位是一位字符，后面两位代表变压器类型，后六位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 500000），单位为 KVA，如变压器类型为 S9，容量为 63000KVA，则其编号一栏应输入：S09063000。

额定电压：高压侧额定电压，单位 kV。

额定电流：高压侧额定电流，单位 A。

额定温度：变压器额定温度，单位℃。

当前温度：变压器绕组当前温度，单位℃。

阻抗电压：标称阻抗电压，根据此参数计算阻抗电压误差。

额定容量：变压器额定容量，单位 kVA。

电压变比：外接电压互感器变比，若不接外部电压互感器，则电压变比应设为 1。

电流变比：外接电流互感器变比，若不接外部电流互感器，则电流变比应设为 1。

参数设定好后轻触“确认”按钮进入测量界面图 8-3，按“返回”返回到图 8-1。图

8-3 中测试项目可根据需要修改，无需回到图 8-2 界面，方便在不改变其他参数只是

改变测量项目时使用。例如：在图 8-2 中设好三相三线阻抗，到图 8-3 界面后，

检查一下图左侧的参数确认无误后按“测量”键，进入测量。等到数据稳定后，按

“锁存”键，“锁存”键在非分相测量方式时是个开关键，当“锁存”键右上方的

黑色“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的

黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。锁存键释放并有新测量数据刷新时，

“存储”键右上方的红色“●”变成黑色，数据再次锁存后可重新存储。如果需要

更换测量方式，换为三线分相阻抗，点击原来的**三相三线阻抗**位置，在右面出现的

测量项目列表中选择所需项目即可。关于分相测量的操作流程参见：五、测试及接

线方法中的 1. 四线分相阻抗测量。“升压”、“降压”、“急停”按钮完成调压

器的升降控制，这三个键的右上方的“●”表示控制状态，红色表示当前命令状态。

谐波按钮分析电压电流 2-26 次谐波含量及总谐波含量图 8-4，谐波测量需在测量有

效值后进行测试。按“上一页”回到图 8-3



图 8-3



图 8-4

显示数据说明如下：

测试条件：测试过程中实际施加的电压，电流，功率，频率当前值。

测试结果：AB，BC，CA 和 A0，B0，C0 各相的阻抗、电抗、电阻及三相阻抗电压百分数。

三相阻抗电压 $u\%$ ：是根据设置的辅助参数计算出三相阻抗电压百分数，该值可以和变压器标牌上的出厂值比对。

辅助参数：变压器有关额定参数及当前温度，主要用于阻抗电压计算。

主要技术指标：

1. 基本测量精度： 电压、电流、阻抗 $0.2\% \pm 3$ 字
功率 $0.5\% \pm 3$ 字 ($\cos \phi > 0.1$)， $1.0\% \pm 3$ 字 ($0.01 < \cos \phi \leq 0.1$)
2. 电压测量范围： AC0~800V
3. 电流测量范围： AC0~80A
4. 阻抗测量范围： $1 \Omega \sim 200 \Omega$

接线方法：

测试前应考虑试验可能达到的电压和电流最大值，不能超过仪器的测量范围，不能超过供电设备供电最大输出能力，如果电压或电流比较大，可考虑使用单相或三相调压器提供试验电源。 变压器低压侧用足够粗的导线全部短路，短路线的截面积应考虑可以承受低压侧额定电流，而且确保接触良好，以减小附加误差。

1. 四线分相阻抗测量

按图 8-5 接好测试线，单相电源固定施加在仪器 AB 相，变压器分三次接线，依次测量 A0、B0、C0。在图 8-2 的测试项目中选择“四线分相阻抗”按“确认”进入图 8-3，或在图 8-3 未点击“测量”键前，在测试项目中选择“四线分相阻抗”，再按“测量”键进入测试状态，屏幕下部提示“四线 A 相阻抗测试，按锁存键换 B 相”，将测试钳接在变压器高压侧 A0 两端，接通试验电源，等 A0 相数据稳定后，按“锁存”键，屏幕下部提示“四线 B 相阻抗测试，按锁存键换 C 相”，不要退出测量状态，断开试验电源，将测试钳接在变压器高压侧 B0 两端，接通试验电源，等 B0 相数据稳定后，按“锁存”键，屏幕下部提示“四线 C 相阻抗测试，按锁存键结束”，不要退出测量状态，断开试验电源，将测试钳接在变压器高压侧 C0 两端，接通试验电源，仪器根据三相数据计算出各相阻抗、电抗、电阻和变压器阻抗电压。等数据稳定后，按“锁存”键，屏幕下部提示“分相测量结束”，锁存键回复锁存数据功

能，数据同时被锁存，“锁存”右上方的黑色“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作，三相测量结束，断开试验电源，整个分相测量结束。

2. 三线分相阻抗测量

和四线分相阻抗测试方法相似，只是三次测量依次接在变压器高压侧 AB、CA、BC。

3. 三相三线阻抗测量

按图 8-4 接好测试线，在状态图 8-2 选择菜单“三相三线阻抗”，参数无误确认后进入图 8-3，再检查一遍右侧参数，按“测量”键进入测试状态，接通三相试验电源，等数据稳定后，按“锁存”键数据锁定并储存，断开试验电源，测量结束。

4. 单相阻抗测量

按图 8-5 接好测试线，在状态图 8-2 选择菜单“单相阻抗测量”，参数无误确认后进入图 8-3，再检查一遍右侧参数，接通单相试验电源，等数据稳定后，按“锁存”键数据锁定并储存，断开试验电源，测量结束。

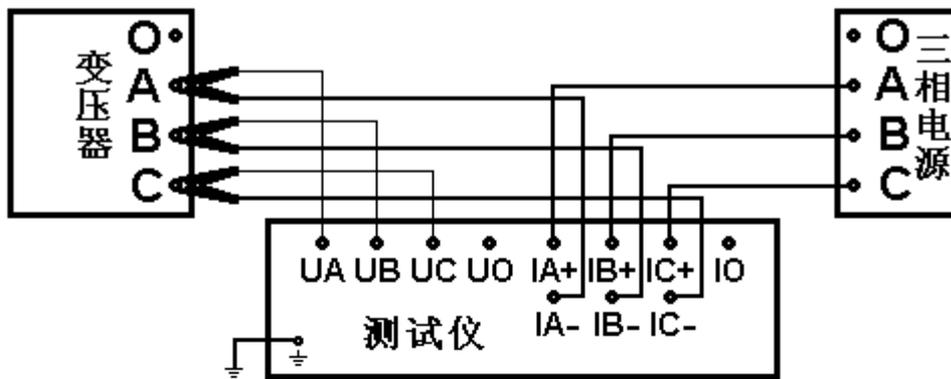


图 8-4 三相三线直接测量接线图

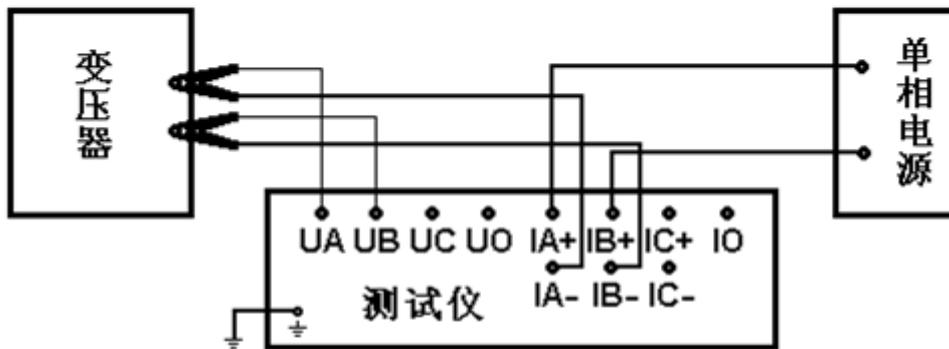


图 8-5 单相变压器直接测量接线图

注意事项：

1. 使用仪器时请按本说明书接线和操作。

2. 接地端子应就近可靠接地。
3. 测试时注意变压器分接开关位置，不同位置的测量结果也不同，如果要测量阻抗电压变压器必须在额定分接位置。
4. 如需测量三相阻抗电压百分数，测试前请输入正确合理的辅助参数。
5. 低压测短路线要足够粗，可以承受低压侧额定电流，并且连接可靠，确保接触电阻可以忽略。
6. 由于变压器剩磁会对结果产生影响，建议丢弃第一次测量结果，多测几次，直到数据可靠。
7. 使用备用电源供电时，请选用在线式 UPS 电源，根据测试电流考虑电源容量。
8. 内存最多可储存 100 次测量结果，超过 100 次时最老的记录将被覆盖，请注意及时抄录。
9. 若仪器出现故障，请及时和本公司联系，不要自行拆卸。

九. 变压器容量分析

操作方法：

在图 1-3 中轻触“变压器容量分析”进入如图 9-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 9-1 “测试参数”按钮进入图 9-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 9-1

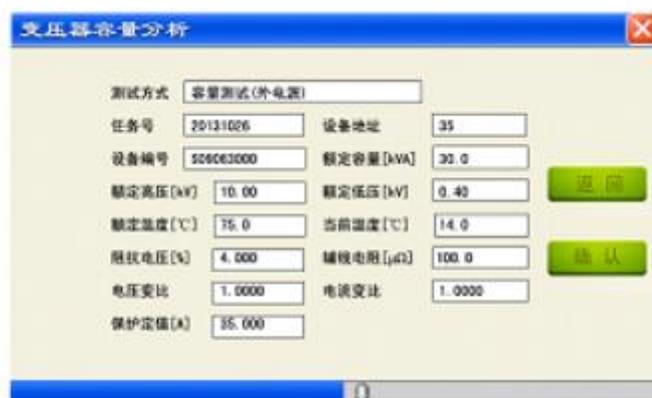


图 9-2

各参数说明如下：

任务号：测试任务号，用于蓝牙发送。

设备地址：35 （注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。一般开头一位是一位字符，后面两位代表变压器类型，后六位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 500000），单位为 KVA，如变压器类型为 S9，容量为 63000KVA，则其编号一栏应输入：S09063000。

额定高压：高压侧额定电压，单位 Kv。

额定低压：低压侧额定电压，单位 Kv。

额定温度：变压器绕组额定温度，用于温度换算，初始值 75.0℃。

当前温度：变压器绕组当前温度，用于温度换算，初始值 25.0℃。

阻抗电压：变压器的阻抗电压，用于按非标测量时计算实测容量。

辅线电阻：应输入低压侧短路线每相平均电阻（换算到额定温度），测量时仪器内部自动消除附加电阻的影响，单位 $\mu\Omega$ 。

电压变比：外接电压互感器变比，若不接外部电压互感器，则电压变比应设为 1。

电流变比：外接电流互感器变比，若不接外部电流互感器，则电流变比应设为 1。



图 9-3



图 9-4

参数设定好后按“确认”进入测量界面图 9-3，按“返回”返回到图 9-1。图 9-3 中测试项目可根据需要修改，无需回到图 9-2 界面，方便在不改变其他参数只是改变测量项目时使用。例如：在图 9-2 中设好容量测试(外电源)，到图 9-3 界面后，检查一下图左侧的参数确认无误后按“测量”键，进入测量。等到数据稳定后，按“锁存”键，锁存”键在非分相测量方式时是个开关键，当“锁存”键右上方的黑色“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。锁存键释放并有新测量数据刷新时，“存储”键右上方的红色“●”变成黑色，数据再次锁存后可重新存储。如果需要更换测量方式，换为三相三线空载损耗等级测试，点击原来的容量测试(外电源)位

置, 在右面出现的测量项目列表中选择所需项目即可。关于分相测量的操作流程参见: 五、测试及接线方法中的 2. 三线分相空载损耗等级测试。“升压”、“降压”、“急停”按钮完成调压器的升降控制, “●”表示控制状态, 红色表示当前命令状态。

谐波按钮分析电压电流 2-26 次谐波含量及总谐波含量图 9-4, 谐波测量需在测量有效值后进行测试。按“上一页”回到图 9-3

主要技术指标:

1. 基本测量精度: 基本测量精度: 电压、电流 $0.2\% \pm 3$ 字
功率 $0.5\% \pm 3$ 字($\cos \phi > 0.1$), $1.0\% \pm 3$ 字($0.01 < \cos \phi \leq 0.1$)
2. 电压测量范围: AC $0 \sim 800$ V
3. 电流测量范围: AC $0 \sim 80$ A

接线方法:

按图 9-5 接好测试线, 变压器低压侧用足够粗的导线三相短路。确定了设置参数和试验电源后可以启动测量, 图 9-3 中按“测量”键启动测量, 实时显示各相电压有效值、电压平均值、电流、功率, 在“三相”一行电压和电流为三相平均值, 功率为三相总功率。

如果实测容量和国标值出现很大差异是, 一般可能有以下情况, 第一, 由于接线或其它原因致使三相数据严重不平衡。第二, 施加电流太小, 无法测得正确结果。测量结果显示的正序阻抗、正序电抗、正序电阻为主要分析依据。

1. 三线分相空载损耗等级测试测试:

要进一步确定变压器的损耗等级是 S7、S9、S11、S13 还是 S15, 应该测量空载损耗, 损耗等级测试菜单提供了外加单相交流电源分相空载损耗测试方法。单相空载损耗测量时, 对于低压侧额定电压 400V 的变压器, 应该施加电压 461.9V 时才达到额定电压, 按图 9-6 接线, 分三次测量, 在图 9-2 的测试项目中选择“三线分相空载”按“确认”进入图 9-3, 或在图 9-3 未点击“测量”键前, 在测试项目中选择“三线分相空载”, 再按“测量”键进入测试状态, 屏幕下部提示“AB 相空载损耗等级测试, 按锁存键换 CA 相”, 此时给变压器低压侧 ab 加电, 并将 co 短路, 接通试验电源, 等 AB 相数据稳定后, 按“锁存”键, 屏幕下部提示“CA 相空载损耗等级测试, 按锁存键换 BC 相”, 不要退出测量状态, 断开试验电源, 改变接线给变压器低压侧 ca 加电, 并将 bo 短路, 接通试验电源, 等 CA 相数据稳定后, 按“锁存”

键，屏幕下部提示“BC 相空载损耗等级测试，按锁存键结束”，不要退出测量状态，断开试验电源，改变接线给变压器低压侧 bc 加电，并将 ao 短路，接通试验电源，这时仪器根据三相数据计算出空载损耗，并同时列出该容量 S7、S9、S11、S13 和 S15 国标空载损耗数据。等数据稳定后，按“锁存”键，屏幕下部提示“分相测量结束”，锁存键回复锁存数据功能，数据同时被锁存，“锁存”右上方的“●”变成红色，即可进行“存储”和“打印”操作，三相测量结束，断开试验电源，整个分相测量结束。

再说明一点，只有施加额定电压时空载电流百分数才有意义。

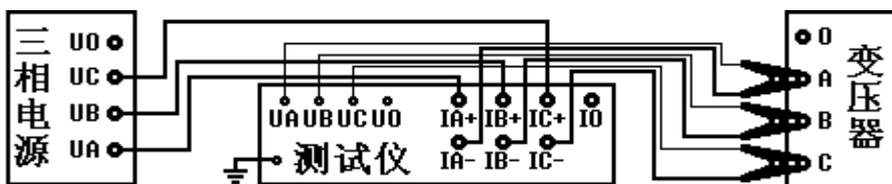


图 9-5 变压器容量分析接线图

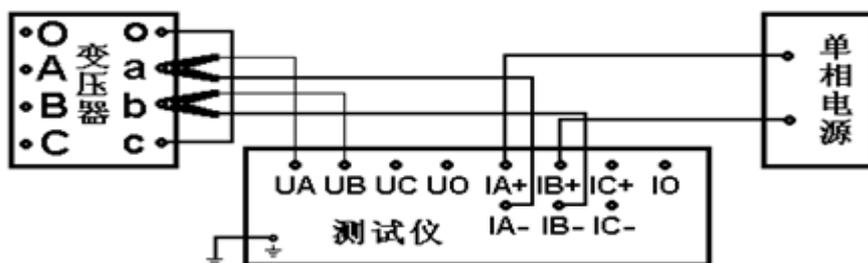


图 9-6 分相空载测量接线图

注意事项：

1. 使用仪器时请按本说明书接线和操作。
2. 在内部电源状态下，请不要施加外部试验电源，否则将导致仪器烧毁！
3. 测试前必须将被测变压器分接开关置于额定分接位置。因为非额定分接下不存在确定的换算关系，即使能得到近似换算结果，这样做也是不科学的。
4. 在低电流下测量的负载损耗和在低电压下测量的空载损耗，因为不符合损耗试验条件，所得结果不能作为变压器损耗值的依据，只可作为分析容量和损耗等级的参考数据。

5. 接地端子应就近可靠接地。
6. 测试开始前请输入正确合理的辅助参数。
7. 低压测短路线要足够粗，并且连接可靠，确保接触电阻可以忽略，并将各相短路线电阻平均值（换算到额定温度）输入到辅线电阻参数。
8. 使用备用电源供电时，请选用在线式不小于 1000VA 的 UPS 电源。
9. 内存最多可储存 100 次测量结果，超过 100 次时最老的记录将被覆盖，请注意及时打印或抄录。
10. 若仪器出现故障，请及时和本公司联系，自行拆卸将导致仪器报废！

十. 变压器变比测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“变压器变比测试”进入如图 10-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 10-1 “测试参数”按钮进入图 10-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改



图 10-1



图 10-2

各参数说明如下：

设备地址：65 （注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。

一般开头一位是一位字符，后面两位代表变压器类型，后六位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 500000），单位为 KVA，如变压器类型为 S9，容量为 63000KVA，则其编号一栏应输入：S09063000。

接线组别：变压器高低压侧绕组接线组别，如(Y/yn)。

组别标号：用时钟法表示的联接组标号（0—11）。

额定变比：被测变压器额定分接点变压比，若不输入额定变比，测试结果将不显示

变比误差。

分接总数：有载调压变压器分接开关分接点总数，若不是等分接调压变压器，分接总数应设为 1。

分接间距：每一级分接变压比调整的百分比，如（2.5）。

当前分接：当前分接开关分接点所在位置，分接 1 对应变压比最小的分接点，根据测量结果自动计算并修改当前分接值，无需输入。

各种测试方式说明如下：

三相测试：三相测试可用于本仪器允许的各种联接组别的三相变压器变比的测试，可连续测出三相变比及误差，测试开始前应输入正确的接线组别和组别标号，也可用组别分析功能测出组别标号，正确选择是普通型还是 Z-型变，测试结果显示三相变比和对应误差，若不输入额定变比则不显示变比误差。

自动测试：自动测试可用于本仪器允许的各种联接组别的三相变压器变比的测试，无须输入任何参数（要正确选择是普通型还是 Z-型变）即可自动测出三相变比，测试完毕后自动按测试结果修改设置参数中的接线组别和组别标号。

单相测试：单相测试用于单相变压器或电压互感器变比的测试，无须输入组别标号，测试结果显示变比、误差和极性。

组别分析：组别分析用于三相变压器接线组别和组别标号的测量，正确选择是普通型还是 Z-型变，测试结果显示高低压侧接线组别和组别标号，并自动按测试结果修改设置参数中的接线组别和组别标号。

参数设定好后按“测量”保存参数并开始测量，按“返回”返回到图 10-1。测试结束后，显示测量结果，并可进行“存储”和“打印”操作。“存储”键右上方的黑色“●”变成红色，表示当前测试数据已存储。

主要技术指标：

1. 变比测量范围： 0.8—5000
2. 变比测量精度： 0.1%（0.8—1000）
0.2%（1000—2000）
0.5%（2000—5000）

接线及注意事项：

1. 使用仪器时请按本使用说明书接线和操作。
2. 接地端子或电源线中的接地端应就近可靠接地。

3. 接线时请注意高压侧和低压侧引线不能接反。
4. 请注意高压侧有黄、绿、红、黑四色测试线分别对应变压器的 A、B、C、O 接线端，低压侧有黄、绿、红、黑四色测试线分别对应变压器的 a、b、c、o 接线端，不要接错。对于没有中性点引出的变压器，相应的黑色测试线悬空即可。对于单相变压器的测量，使用高压侧 A、B 和低压侧 a、b 测试夹。
5. 测试前请输入正确设置参数，组别标号和被测变压器必须一致，如不能确定，可使用组别分析或自动测量功能。
6. 在测试菜单中“普通型”指一般 Y/y、Y/d、D/d、D/y 普通联接组变压器，“Z-型”变指 ZN/y 或 ZN/d 联接组变压器，菜单选择和被测变压器必须一致。
7. 若不输入额定变比，测试结果只显示被测变比值，不显示误差。
8. 本机组别分析功能可显示高低压侧绕组接线方式和组别标号，在变压器内部剩磁严重的情况下有可能导致接线方式判断错误，但不影响组别标号，也不影响变比和误差的测量结果及本机其它功能。
9. 对于高低压侧相位差不是 30° 整数倍的 Z-型变压器及其它特种变压器，可向我公司提出特殊要求。

十一. 氧化锌避雷器带电测试

操作方法:

在图 1-3 中轻触“氧化锌避雷器带电测试”进入如图 11-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 11-1 “测试参数”按钮进入图 11-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改。



图 11-1



图 11-2

各参数说明如下:

PT 变比: 设置所接 PT 电压等级/二次电压, 显示二次电压, 打印根据变比直接输出母线电压。

参考相、待测相: 参考相可分别设 A、B、C 单相相电压或 A-B、B-C 线电压、ABC 三相电压或无 PT 方式, 待测相可分别设 A、B、C 单相或 ABC 三相电流。(单相测量时, 不建议参考项和待测相不对应, 因为变电站 A/B/C 相位差不一定是精确的 120°)

同步方式: 有线/无线, 同步方式切换后, 关机重启。

补偿方式: 禁止补偿/自动补偿, 自动补偿实际是对 A、C 相阻性电流进行了平均, 有可能掩盖问题, 因此建议用本相 PT 二次电压测量本相 MOA 电流, 补偿角度为 0, 即测量时不考虑相间干扰。用原始数据观察测量数据变化趋势。

连续测量: 连续测量/单次测量, 连续测量实时显示测量数据。

通讯地址: 06 (注: 设备地址更改将引起装置配置变化, 请慎重修改!)

显示数据说明如下(测试界面如图 11-3、图 11-4 所示):

U_x ：参考电压有效值。它仅含基波和 3、5、7 次谐波。



图 11-3



图 11-4

U_1 ：为试验电压基波有效值。当谐波含量较小时， $U_1 \approx U_x$

U_3 、 U_5 、 U_7 ：电压的 3、5、7 次谐波占电压基波的相对含量，单位为%。

I_x ：全电流有效值。它仅含基波和 3、5、7 次谐波。

I_{xp} ：全电流峰值，即 I_x 的峰值。

I_r ：阻性电流有效值。它仅含阻性电流基波和阻性电流 3、5、7 次谐波。 I_{rp} ：阻性电流峰值，即 I_r 的峰值。

I_{r1p} ：阻性电流基波峰值。

I_{c1p} ：容性电流基波峰值。注意：当谐波含量较高时，波形迭加可能使 I_{xp} 小于 I_{c1p} 。

采用投影法计算：

$$I_{r1p} = I_x \cos \Phi$$

$$I_{c1p} = I_x \sin \Phi$$

其中 Φ 为电流超前电压角度，其中已经包含补偿角度 Φ_0 。

P_1 ：基波功耗。

C_x ：MOA 电容量。

避雷器测量原理和性能判断：

判断氧化锌避雷器是否发生老化或受潮，通常以观察正常运行电压下流过氧化锌避雷器阻性电流的变化，即观察阻性泄漏电流是否增大作为判断依据。

阻性泄漏电流往往仅占全电流的 10%~20%，因此，仅仅以观察全电流的变化情况来确定氧化锌避雷器阻性电流的变化情况是困难的，只有将阻性泄漏电流从总电流中分离出来。

本测试仪依赖电压基准信号，高速采集基准电压和避雷器泄漏电流，通过谐波分析法，进行快速傅立叶变换，分别计算阻性分量（基波、谐波），容性分量等。

阻性电流基波 = 全电流基波 · cos φ，φ 为全电流对电压基波的相角差。如图 11-5

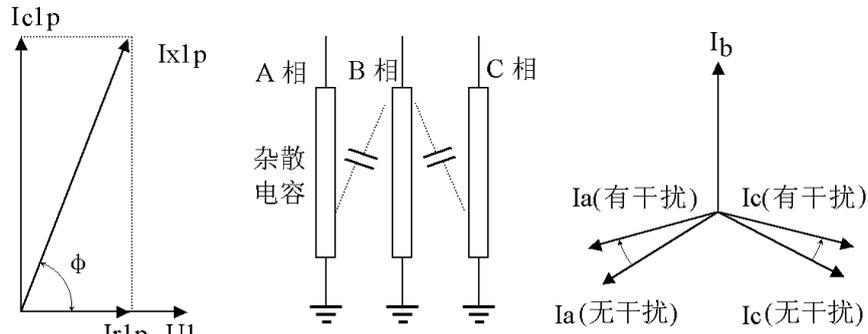


图 11-5

现场测量时，一字排列的避雷器，中间 B 相通过杂散电容对 A、C 泄漏电流产生影响：A 相 φ 减小 2° 左右，阻性电流增大；C 相 φ 增大 2° 左右，阻性电流减小甚至为负；B 相基本不变，这种现象称相间干扰。对相间干扰一种方式采用自动补偿方式，这种方式是以 B 相对 A/C 相的相间干扰对称为前提进行的，现场情况复杂，不建议用自动补偿，建议用分析原始测量数据趋势进行判断。可参考下述方法对 MOA 性能判断：

1. 阻性电流的基波成分增长较大，谐波的含量增长不明显时，一般表现为污秽严重或受潮。
2. 阻性电流谐波的含量增长较大，基波成分增长不明显时，一般表现为老化。
3. 仅当避雷器发生均匀劣化时，底部容性电流不发生变化。发生不均匀劣化时，底部容性电流增加。避雷器有一半发生劣化时，底部容性电流增加最多。
4. 按“阻性电流不能超过总电流的 25%”要求，电流电压相角差 φ 不能小于 75°，可参考下表对 MOA 性能分段评价

性能	<75°	75° ~76.99°	77° ~79.99°	80° ~82.99°	83° ~87.99°	>88°
φ	劣	差	中	良	优	有干扰

主要技术指标：

1. 测量范围：

泄漏电流（峰值）0-20mA；

电压（峰值）30-120V（大于120V可定制）。

测量准确度：

总泄漏电流准确度： \pm （读数 \times 2%+1个字）

阻性电流基波测量准确度： \pm （读数 \times 5%+1个字）

电流谐波测量准确度： \pm （读数 \times 10%+10 μ A）

参考电压输入范围：25V~120V有效值（大于120V可定制）

参考电压测量准确度： \pm （读数 \times 2%+1个字）

电压谐波测量准确度： \pm （读数 \times 10%）

2. 测量参数：

泄漏电流全电流波形、基波有效值、峰值。

三相电压全电压波形、有效值及3、5、7次谐波含有率。

泄漏电流阻性分量基波有效值及3、5、7次有效值。

容性电流基波，全电压、全电流相角差。

避雷器功耗。

3. 电压基准信号取样方式：

有线同步：40米（可扩展）。

无线同步：800米（天线高度1.5米，空旷可视距离）

十一、自动抗干扰精密介质损耗测试

操作方法：

在图 1-3 中轻触“变压器变比测试”进入如图 12-1 所示界面，测量前必须进行参数设置。轻触图 12-1“测试参数”按钮当通讯成功后进入图 12-2 所示界面，在此所有参数项都可以修改，修改完后，必须按确认键，按确认件，进入图 12-3



图 12-1



图 12-2

按是，返到 12-2，按测量开始测量，测量完成后进入 12-4 测试结果。

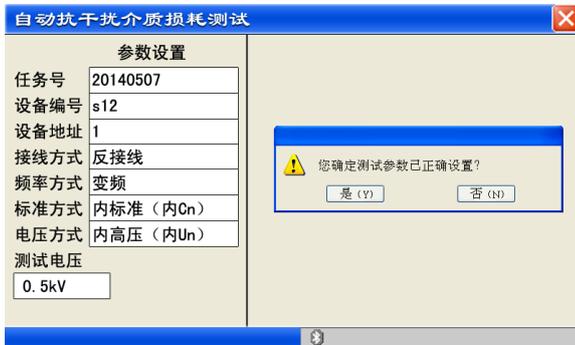


图 12-3



图 12-4

各参数说明如下：

设备地址：1 （注：设备地址更改将引起装置配置变化，请慎重修改！）

设备编号：可输入最多九位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。

一般开头一位是一位字符，后面两位代表变压器类型，后六位代表变压器容量（运行输入的最大容量值为 500000），单位为 KVA，如变压器类型为 S9，容量为 63000KVA，则其编号一栏应输入：S09063000。

接线方式：可选择“正接线”、“反接线”、“CVT”三种方式。

频率方式：“变频”，表示 45/55Hz 自动变频。仪器自动用 45Hz 和 55Hz 各测量一次，然后计算 50Hz 下无干扰时数据。开机自动默认为该方式，建议使用。

标准方式：选择“内标准（内 Cn）”“外标准（外 Cn）”，表示使用内或外接标准电容。通常可用内部标准作正、反接线测量和 CVT 自激法测量，高电压介损选用外标准方式，需要将外接电容参数置入仪器（暂无订货说明）。

电压方式：

正/反接线方式下选择高压：

按 \uparrow \downarrow 键循环显示试验高压“0.5 /0.6 /0.8 /1 /1.5 /2 /2.5 /3 /3.5 /4 /4.5 /5 /5.5 /6 /6.5 /7 /7.5 /8 /8.5 /9 /9.5 /10kV”。应根据高压试验规程选择试验高压。

启动测量后，在测量框的右下方显示 $I_n=158\mu A$ $I_x=10mA$

$I_n=158\mu A$ 表示流过标准电容的电流，单位为 μA 。

$I_x=10mA$ 表示流过试品的电流，单位为 mA。

如果 $I_n=000 \mu A$ ，表示内部高压没有输出，或仪器有问题。请先查看屏幕是否选择为内 U_n , 内 C_n 。

CVT 自激法接线方式下选择高压：

CVT 自激法测量必须使用内部高压电源，由机内提供激励电压，由“CVT1”和 CVT2”输出。通常测量 C_1 时低压激励电压可达 20V，测量 C_2 时低压激励电流可达 15A。一般可设高压电压 1.5~2kV。

面板说明：

1. 高压输出插座（0.5~10kV，最大 200mA）

安装位置：箱体右侧面，外设保护门。

功能：内高压输出；检测反接线试品电流；内部标准电容器的高压端。

接线方法：插座 1 脚接高压线芯线（红夹子），2、3 脚接高压线屏蔽（黑夹子）。

正接线时，高压线芯线（红夹子）和屏蔽（黑夹子）都可以用作加压线；反接线时只能用芯线对试品高压端加压。如果试品高压端有屏蔽极（如高压端的屏蔽环）可接高压屏蔽，无屏蔽时高压屏蔽悬空。

注意事项：

1. 仪器测量电缆通用，建议用高压线连接此插座。高压插座和高压线有危险电压，绝对禁止碰触高压插座、电缆、夹子和试品带电部位！确认断电后接线，测量时务必远离！

2. 用标准介损器（或标准电容器）检定反接线精度时，应使用全屏蔽插头连接试品，否则暴露的芯线会引起误差。

3. 应保证高压线与试品高压端 0 电阻连接，否则可能引起误差或数据波动，也可能引起仪器保护。

4. 强干扰下拆除接线时，应在保持电缆接地状态下断开连接，以防感应电击。

2. 试品输入 C_x 插座（10 μA~1A）

功 能：正接线时输入试品电流。

接线方法：插座 1 脚接测量线芯线（红夹子），2、3 脚接测量线屏蔽（黑夹子）。

正接线时芯线（红夹子）接试品低压信号端，如果试品低压端有屏蔽极（如低压端的屏蔽环）可接屏蔽，试品无屏蔽时屏蔽悬空。

注意事项：

1. 测量中严禁拔下插头，防止试品电流经人体入地！

2. 用标准介损器（或标准电容器）检测仪器正接线精度时，应使用全屏蔽插头连接试品，否则暴露的芯线会引起误差。

3. 应保证引线 with 试品低压端 0 电阻连接，否则可能引起误差或数据波动，也可能引起仪器保护。

4. 强干扰下拆除接线时，应在保持电缆接地状态下断开连接，以防感应电击。

3. 标准电容输入 C_n 插座（10 μA~1A）（暂无订货说明）

功 能：输入外接标准电容器电流。

接线方法：与 C_x 插座类似，其区别在于：

1. 使用外部标准电容器时，应使用全屏蔽插头连接。此方式常用于外接高电压等级标准电容器，实现高电压介损测量。

2. 菜单选择“外 Cn”方式。

3. 将外接标准电容器的 C 和 $\text{tg } \delta$ 置入仪器，实现 Cx 电容介损的绝对值测量。

从原理上讲，任何容量和介损的电容器，将参数置入仪器都可做标准电容器。不同的是标准电容器能提供更好的长期稳定性和精度。

4. 不管正接线还是反接线测量，标准电容器接线方式始终为正接线。

4. CVT 自激法低压输出插座（3~50V，3~30A）

功 能：由该插座和接地接线柱输出 CVT 测量的低压变频激励电源。

注意事项：

1. 因低压输出电流大，应采用仪器专用低阻线连接 CVT 二次绕组，接触不良会影响测量。

2. 视 CVT 容量从菜单选择合适的电压电流保护限。

3. 启动 CVT 测量时，输出 2~5V 的试探电压，若外部接线有错会自动停机。若怀疑仪器故障，可测量有无该试探电压。

4. 选择正/反接线时，此输出封闭。

5. 测量接地接线柱

它同外壳和电源插座地线连到一起。

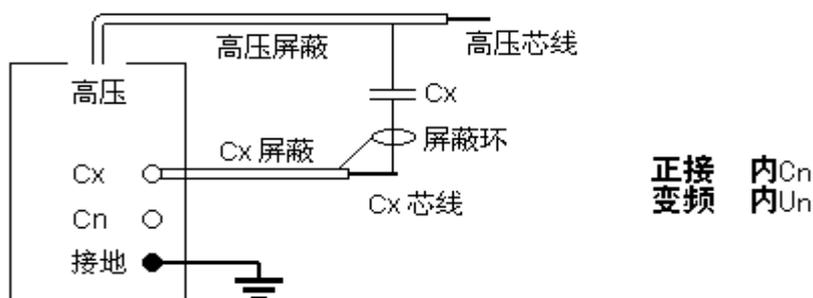
注意事项：

1. 尽管仪器有接地保护，但无论何种测量，仪器都应可靠独立接地。

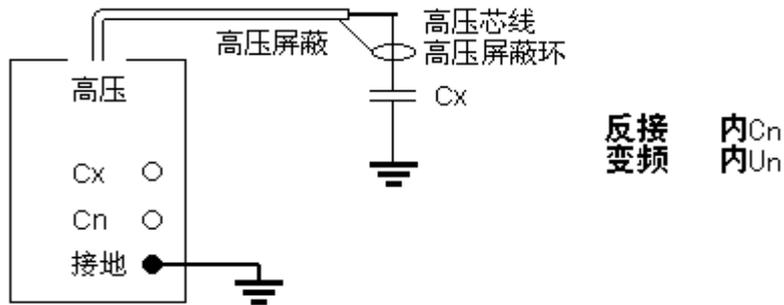
2. 保证 0 电阻接地。应仔细检查接地导体不能有油漆或锈蚀，否则应将接地导体刮干净。轻微接地不良可能引起误差或数据波动，严重接地不良可能引起危险！

参考接线：

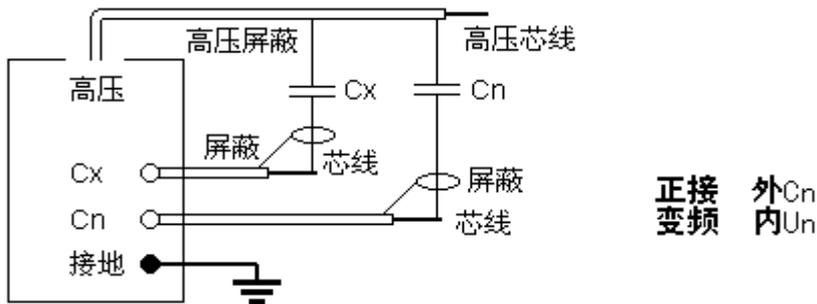
1. 正接线、内标准电容、内高压（常规正接线）：



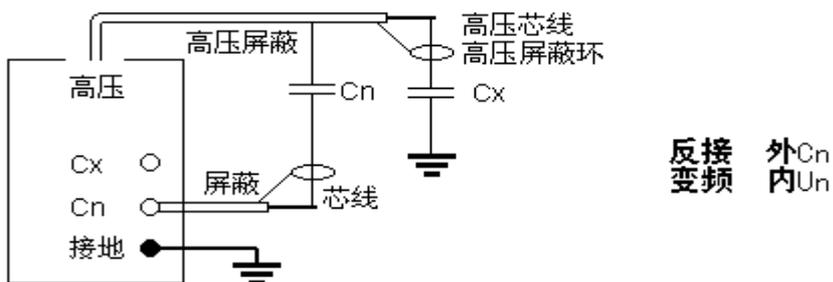
2. 反接线、内标准电容、内高压 (常规反接线):



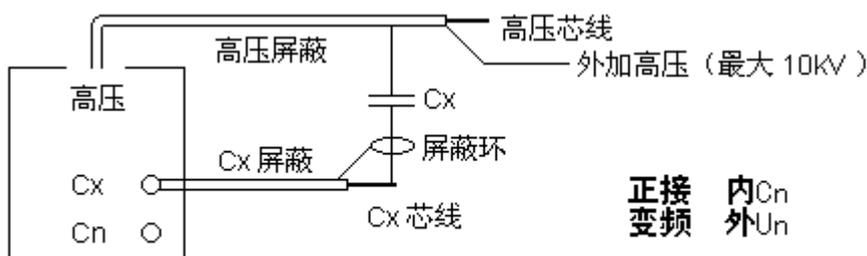
3. 正接线、外标准电容、内高压:



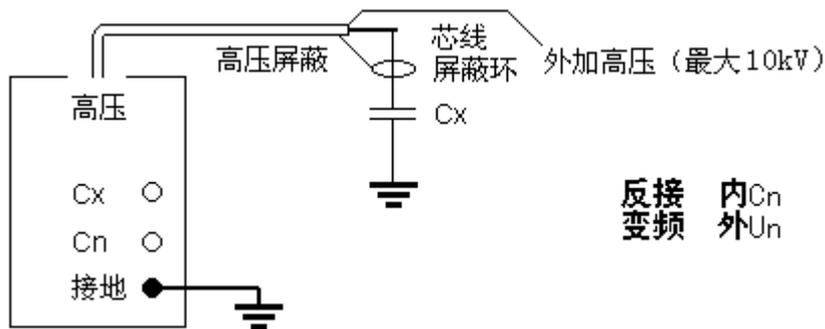
4. 反接线、外标准电容、内高压:



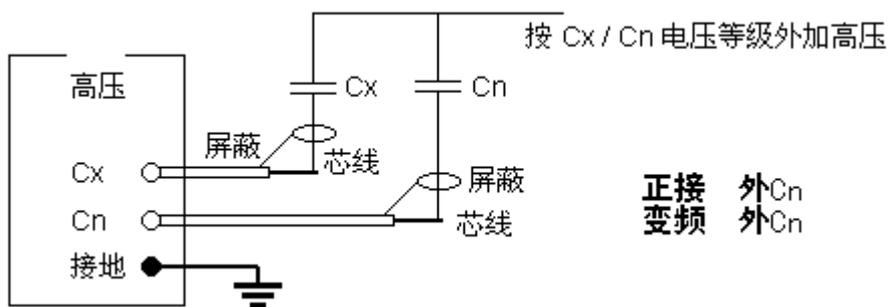
5. 正接线、内标准电容、外高压:



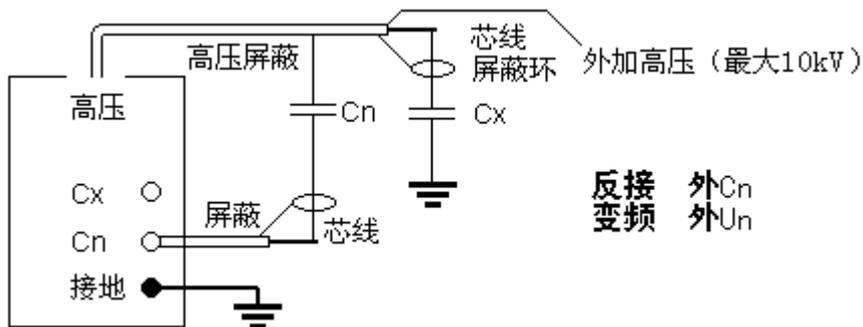
6. 反接线、内标准电容、外高压：



7. 正接线、外标准电容、外高压（高电压介损）：

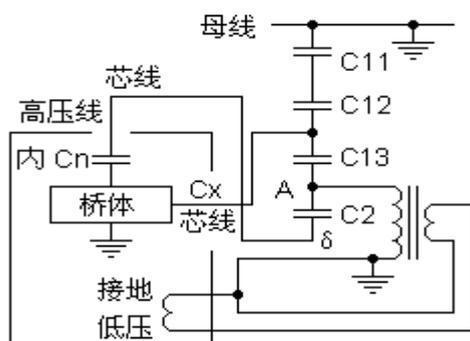


8. 反接线、外标准电容、外高压：



9. CVT 自激法测量：

CVT 自激法可按下图接线。如果 C_1 是单节电容，母线不能接地；如果 C_1 是多节电容，母线可接地， C_{11} 和 C_{12} 可用常规正反接线测量， C_{13} 和 C_2 用自激法测量。



CVT 自激法测量中，仪器先测量 C_1 ，然后自动倒线测量 C_2 ，并自动校准分压影响。应注意，高压线应悬空不能接触地面，否则其对地附加介损会引起误差，可用细电缆连接高压插座与 CVT 试品并吊起。**强烈建议使用高压插座使用的高压线用黑色 C_x 线。**

现场试验注意事项

如果使用中出現测试数据明显不合理，请从以下方面查找原因：

1. 搭钩接触不良

现场测量使用搭钩连接试品时，搭钩务必与试品接触良好，否则接触点放电会引起数据严重波动！尤其是引流线氧化层太厚，或风吹线摆动，易造成接触不良。

2. 接地接触不良

接地不良会引起仪器保护或数据严重波动。应刮净接地点上的油漆和锈蚀，务必保证 0 电阻接地！

3. 直接测量 CVT 或末端屏蔽法测量电磁式 PT

直接测量 CVT 的下节耦合电容会出现负介损，应改用自激法。

用末端屏蔽法测量电磁式 PT 时，由于受潮引起“T 形网络干扰”出现负介损，吹干下面三裙瓷套和接线端子盘即可。也可改用常规法或末端加压法测量。

4. 空气湿度过大

空气湿度大使介损测量值异常增大（或减小甚至为负）且不稳定，必要时可加屏蔽环。因人为加屏蔽环改变了试品电场分布，此法有争议，可参照有关规程。

5. 发电机供电

发电机供电时输入频率不稳定，可采用定频 50Hz 模式工作。

6. 测试线

由于长期使用，易造成测试线隐性断路，或芯线和屏蔽短路，或插头接触不良，用户应经常维护测试线；

测试标准电容试品时，应使用全屏蔽插头连接，以消除附加杂散电容影响，否则不能反映出仪器精度；

自激法测量 CVT 时，非专用的高压线应吊起悬空，否则对地附加杂散电容和介损会引起测量误差。

7. 工作模式选择

接好线后请选择正确的测量工作模式（正、反和 CVT），不可选错。特别是干扰环境下应选用变频抗干扰模式。

8. 试验方法影响

由于介损测量受试验方法影响较大，应区分是试验方法误差还是仪器误差。出现问题时可首先检查接线，然后检查是否为仪器故障。

9. 仪器故障

用万用表测量一下测试线是否断路，或芯线和屏蔽是否短路；输入电源 220V 过高或过低；接地是否良好。

用正、反接线测一下标准电容器或已知容量和介损的电容试品，如果结果正确，即可判断仪器没有问题；

拔下所有测试导线，进行空试升压，若不能正常工作，仪器可能有故障。启动 CVT 测量后测量低压输出，应出现 2~5V 电压，否则仪器有故障。

仪器检定

1. 用标准损耗器检定

用带插头的屏蔽电缆连接标准损耗器。如果不能保证标准损耗器的精度，应使用比对法检定，建议用 2801 电桥或其它精密电桥作比对标准。

仪器应选用“内标准”和“RC 串联试品”，可选择工频 50Hz 或定频 50Hz 频率模式。

2. 用 QSJ3 检定（暂无订货说明）

使用带插头的屏蔽电缆连接 QSJ3，选择“正接/ 外 Cn / 外 Un 式测量，电流比为 Cx : Cn，Cn 可置入适当值。

3. 抗干扰能力

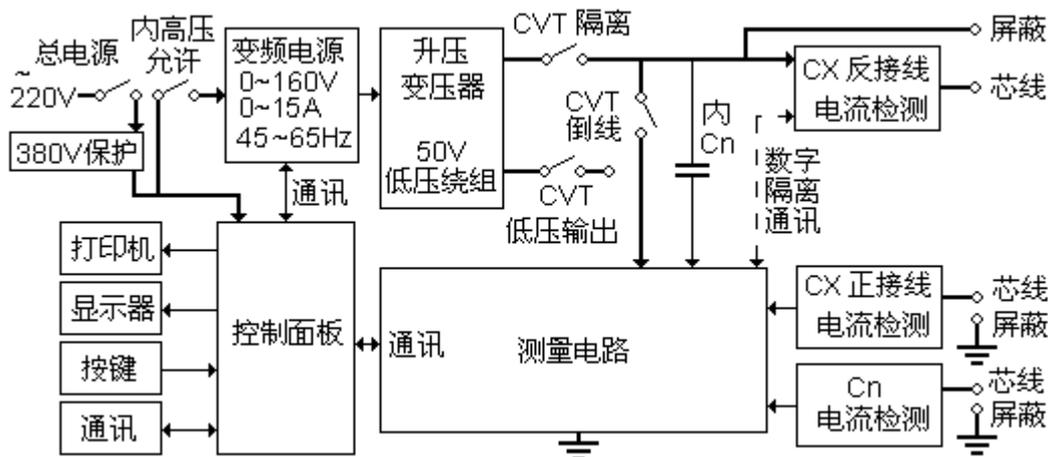
设置一个回路向仪器注入定量的干扰电流。

注意：

- 1) 应考虑到该回路可能成为试品的一部分。
- 2) 仪器启动后会使 220V 供电电路带有测量频率分量，如果该频率分量又通过干扰电流进入仪器，则无法检验仪器的抗干扰能力。
- 3) 不建议用临近高压导体施加干扰，因为这样很容易产生近距离尖端放电，这种放电电阻是非线性的，容易产生同频干扰。

仪器工作原理简介

1. 仪器结构



仪器结构框图

测量电路：傅立叶变换、复数运算等全部计算和量程切换、变频电源控制等。

控制面板：打印机、键盘、显示和通讯中转。

变频电源：采用 SPWM 开关电路产生大功率正弦波稳压输出。

升压变压器：将变频电源输出升压到测量电压，最大无功输出 2kVA / 1 分钟。

标准电容器：内 Cn，测量基准。

Cn 电流检测：用于检测内/外标准电容器电流。

Cx 正接线电流检测：只用于正接线测量。

Cx 反接线电流检测：只用于反接线测量。

反接线数字隔离通讯：用高速数字隔离通讯电路，将反接线电流信号送到低压侧。

2. 工作原理

启动测量后高压设定值送到变频电源，变频电源用 PID 算法将输出缓速调整到设定值，测量电路将实测高压送到变频电源，微调低压，实现准确高压输出。根据正/反接线和内/外标准电容的设置，测量电路根据试验电流自动选择输入并切换量程，测量电路采用傅立叶变换滤掉干扰，分离出信号基波，对标准电流和试品电流进行矢量运算，幅值计算电容量，角差计算 $\text{tg } \delta$ 。反复进行多次测量，经过排序选择一个中间结果。测量结束，测量电路发出降压指令变频电源缓速降压到 0。

CVT 测量: CVT 隔离开关断开, 低压隔离开关接通输出低压。测量 C_2 时, CVT 倒线开关接通, C_2 接入试品通道, 用 C_1 作标准电容测量 C_2 。

变频测量讨论

1. 变频测量

干扰十分严重时, 变频测量能得到准确可靠的结果。例如用 55Hz 测量时, 测量系统只允许 55Hz 信号通过, 50Hz 干扰信号被有效抑制, 原因在于测量系统很容易区别不同频率, 由下述简单计算可以说明选频测量的效果:

两个频率相差 1 倍的正弦波叠加到一起, 高频的是干扰, 幅度为低频的 10 倍:

$$Y=1.234\sin(x+5.678^\circ)+12.34\sin(2x+87.65^\circ)$$

在 $x=0/90/180/270^\circ$ 得到 4 个测量值

$$Y_0=12.4517, Y_1=-11.1017, Y_2=12.2075, Y_3=-13.5576,$$

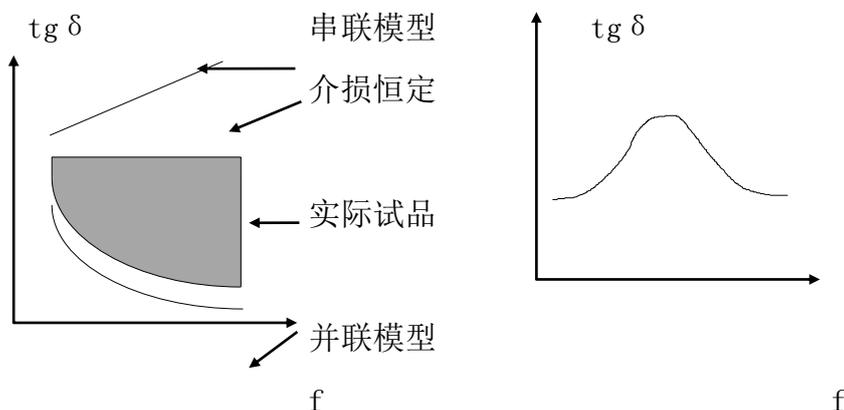
计算 $A=Y_1 - Y_3=2.4559$, $B=Y_0 - Y_2=0.2442$, 则:

$$\phi=\text{tg}^{-1}(B/A)=5.678^\circ \quad V=\sqrt{A^2+B^2} / 2=1.234$$

这刚好是低频部分的相位和幅度, 干扰被抑制。实际波形的测量点多达数万, 计算量很大, 结果反映了波形的整体特征。

2. 频率和介损的关系

介损有 RC 串联和并联两种理想模型: 串联模型 $\text{tg} \delta = 2\pi fRC$, 并联模型 $\text{tg} \delta = 1/(2\pi fRC)$, $\text{tg} \delta$ 分别随频率 f 成正比和反比。如图所示, f 对完全成正比和完全反比两种模型影响较大。但实际电容器是多种模型交织的混合模型, 此时 f 的影响就小。



低频介损曲线(<1kHz)

高频介损曲线或低频电路谐振

3. 自动变频与 50Hz 等效

仪器采用自动变频在干扰频率 50Hz 两侧（45Hz 和 55Hz）各测一个点，然后推算 50Hz 频率下数据。除多个元件电路的低频谐振外，单个试品中的介质不可能在低频引起能量吸收峰，工频附近介损总是随频率单调变化的。因此这种测量方法不会带来明显误差。实际上，平均前的两个介损值已十分接近，即使不平均也完全有参考价值。目前，变频介损仪已成为介损测量的常规仪器，其优异的抗干扰能力和准确度已经得到认可。