

使用安全措施

- 1、使用本仪器前一定要认真阅读本手册。
- 2、测试人员应具备一般电气设备或仪器的使用常识。
- 3、测试人员必须完全严格遵守安全操作规程，必须完全了解高压测试线路，及仪器操作要点。
- 4、非从事测试人员必须远离高压测试区，测试区必须用栅栏或绳索、警视牌等清楚表示出来。
- 5、必须保证本测试仪可靠接地。
- 6、保险管损坏时，必须确保更换同样规格的保险管。
- 7、仪器出现故障时，关闭电源开关，等待一分钟之后再检查。
- 8、仪表应避免剧烈振动。
- 9、对仪器的维修、护理和调整应由专业人员进行。

本仪器只能在停电的设备上使用；

必须保证仪器和被试设备的接地端可靠接地网上；

根据被试设备接地情况正确选择正、反接法；

目 录

一、概述.....	3
二、性能特点.....	3
三、技术指标.....	4
四、仪器介绍.....	4
五、测量原理.....	5
六、接线方法.....	7
七、操作步骤.....	11
八、注意事项.....	13
九、配套清单.....	14

MS-101 介质损耗测试仪

一、概述

介损绝缘试验可以有效地发现电器设备绝缘的整体受潮劣化变质，以及局部缺陷等，在电工制造、电气设备安装、交接和预防性试验中都广泛应用。

MS-101 介质损耗测试仪采用变频电源技术，利用单片机和电子技术进行自动频率变换、模/数转换和数据运算，达到抗干扰能力强、测试速度快、精度高、操作简便的功能。

变频电源采用大功率开关电源，输出 45Hz 和 55Hz 纯正弦波，自动加压，可提供最高 10kV 的电压；自动滤除 50Hz 干扰，适用于变电站等电磁干扰大的现场测试。

二、性能特点

1、仪器测量准确度高，可满足油介损测量要求，因此只需配备标准油杯，和专用测试线即可实现油介损测量。

2、采用变频技术来消除现场 50Hz 工频干扰，即使在强电磁干扰的环境下也能测得可靠的数据。

3、过流保护功能，在试品短路或击穿时仪器不受损坏。

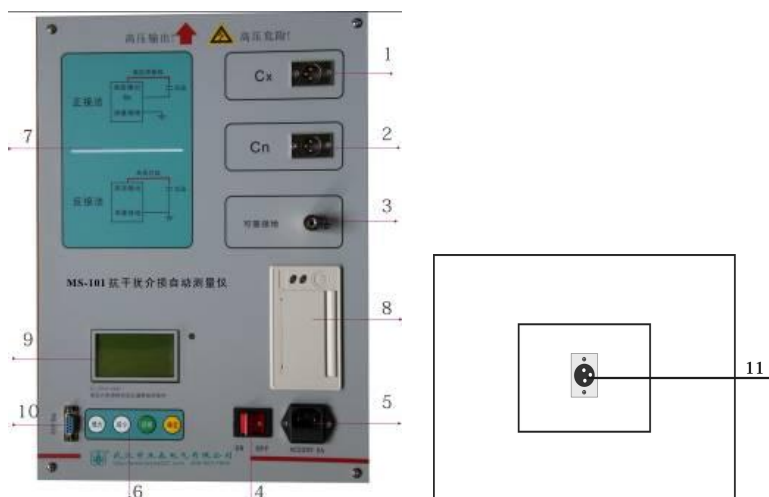
4、内附标准电容和高压电源，便于现场测试，减少现场接线。

5、仪器采用大屏幕液晶显示器，测试过程通过汉字菜单提示既直观又便于操作。

三、技术指标

测量范围	电容值：3pF ~ 60000 pF/10kV 60pF ~ 1 μF/0.5kV 介损范围：0 ~ 100%不限，分辨率：0.001%， 电容、电感、电阻试品自动识别
最大误差	电容精度：± (1.0%×读数±1 pF) 介损精度：± (1.0%×读数±0.04%)
分辨率	电容分辨率：最小可分辨 0.001 pF 介损分辨率：最小可分辨 0.001
试验电流范围	10 μA ~ 5A
内施高压	设定电压范围：0.5~10kV，最大输出电流：200mA
试验频率	50Hz 单频，45/55Hz 自动双变频
供电电源	180V ~ 270VAC ， 50Hz / 60Hz ± 1% (市电或发电机供电)
工作环境	环境温度：0 ~ 40℃； 环境湿度：≤ 90%RH，不结露
外形尺寸	50Hz 单频，45/55Hz 自动双变频
重量	27.6 kg

四、仪器介绍



1. C_x 插座：是试品信号的测量输入端，正接线时由专用低压电缆连接，此电缆单层屏蔽带特制鳄鱼夹，接试品低端。反接线时此端空置。
2. C_N 插座：是外标准电容信号的测量输入端，使用内标准时此端空置。
3. 接地桩：实验时，必须通过接地线接地。
4. 电源开关：整机电源的开启和关闭。
5. 电源座：供电电源输入口，交流 $220V \pm 10\%$ ，50Hz，带保险仓。
6. 按键区：“增大”、“减小”、“功能”、“确定”
7. 接线示意图
8. 打印机：打印测量数据。
9. 显示器：128×64 液晶显示器，显示菜单和各种提示信息及测量结果。
10. 升级调试接口。
11. HV 插座：高压引出端子，由高压电缆连接，接试品高压端输出 10kV 高压。

五、测量原理

1、仪器结构

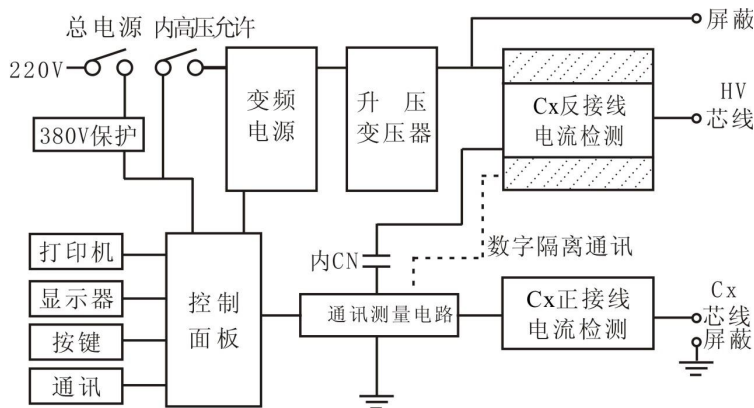


图 2 仪器结构图

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。

控制面版：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 C_N ，测量基准。

C_N 电流检测：用于检测内标准电容器电流， $10\ \mu\text{A}\sim 1\text{A}$ 。输入电阻 $< 2\ \Omega$ 。

C_X 正接线电流检测：只用于正接线测量， $10\ \mu\text{A}\sim 1\text{A}$ 。输入电阻 $< 2\ \Omega$ 。

C_X 反接线电流检测：只用于反接线测量， $10\ \mu\text{A}\sim 1\text{A}$ 。输入电阻 $< 2\ \Omega$ 。

反接线数字隔离通讯：采用精密 MPPM 数字调制解调器，将反接线电流信号送到低压侧。隔离电压 20kV。

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 0V。

按被测试品是否接地分两种测量方式，即正接线测量方式和反接线测量方式。

两种测量方式的原理如图 3 所示：

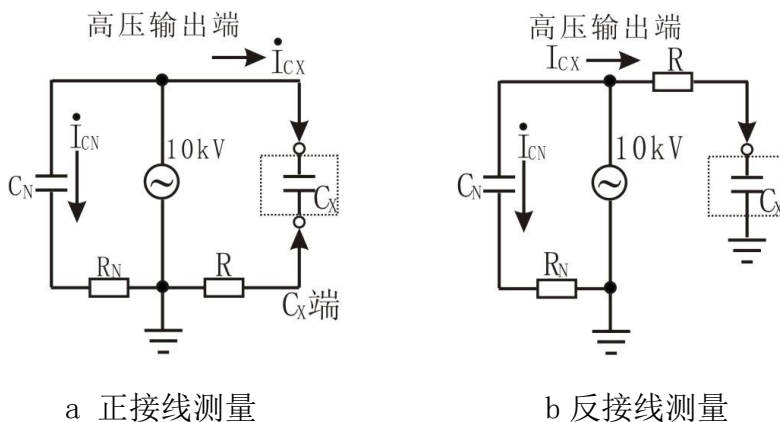


图 3 测量原理图

在高压电源的 10kV 侧，高压分两路，一路给机内标准电容 C_N ，此电容介损非常小，可以认为介损为零，即为纯容性电流，此电流 I_{C_N} 可做为容性电流基准。在 C_X

试品一侧，试品电流 I_{Cx} 通过采样电阻 R 采入机内，此 I_{Cx} 可分解成水平分量和垂直分量见图二所示，通过计算水平分量与垂直分量的比值即可得到 $\tan \delta$ 值。

在图 3 (a) 中 C_x 为非接地试品，试品电流 I_{Cx} 从试品末端进入采样电阻 R ，得到全电流值，在图 3 (b) 中 C_x 为接地试品，机内 C_x 端直接接地，电流 I_{Cx} 从试品高压端到机内采样电阻取得全电流值。

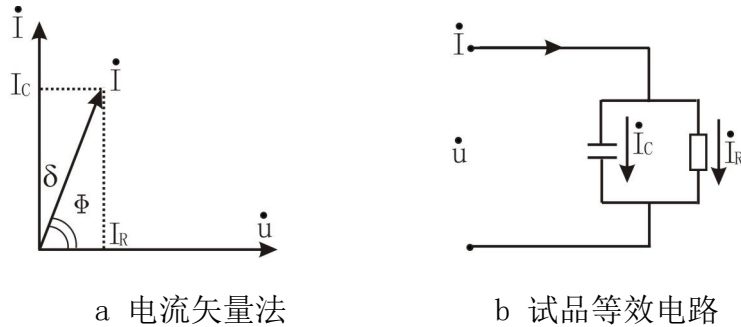


图 4 试品等效电路

六、接线方法

仪器引出端子说明：

HV --- 仪器的测量引线高压端（带危险电压）。

CX --- 正接线时试品电流输入端。

⏏ --- 仪器的接地端，使用时与大地可靠相接。

1、正接法（见图 5）

当被测试设备的低压测量端对地绝缘时，可以采用该接线法测量。

下面以标准电容器 BR16 正接法测量为例。

(1) 高压线的屏蔽线接标准电容器的高压端；

(2) 将黑色专用低压电缆从仪器面板上的 C_x 端引出，低压芯线接标准电容器的低压端 L（见图 11）；低压屏蔽线接被标准电容器屏蔽端 E。

（如试品无屏蔽端则悬空）

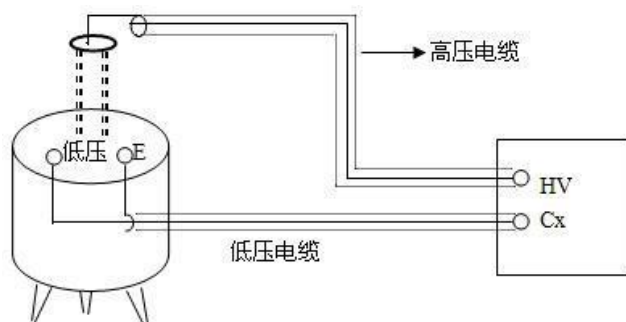


图 5 标准电容 BR16 正接线（非接地试品）接线法

特别注意：HV_x 及 C_x 的芯线与屏蔽线之间严禁短接，否则无法取样，无法测量；

2、反接法（见图 6）

(1) 高压线的芯线接标准电容器的低压 L 端；高压线的屏蔽端接标准电容器的 E 端。

(2) 标准电容器的高压端接地。

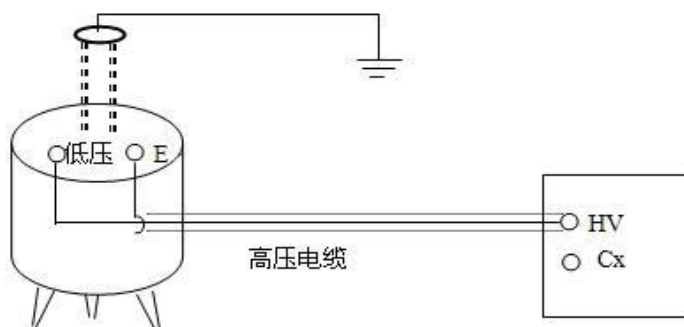


图 6 标准电容器 BR16 反接线（接地试品）接线法

注意：HV 插口输出 10kV 危险电压，将高压绝缘电缆插在 HV 插口上

3、串级式电压互感器：

1) 常规法：采用正接法测量，见图 7 所示：

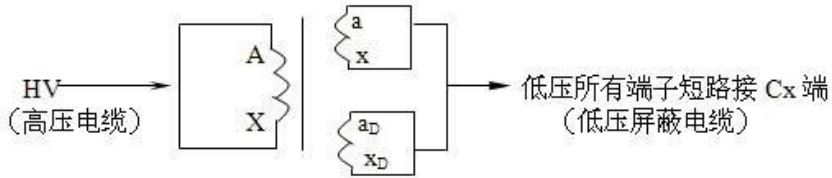


图 7 常规接线法

X 接地点打开，使 A，X 相连后接仪器 HV 端，低压端所有绕组短接后接 C_x 端。

注意： 此试验电压为 2~3kV，并且高压 A、X 短路时要注意 X 端引线与端子盒保持距离。

2) 末端屏蔽法（正接线方式），见图 8，可施加 10kV 电压，由于电压在 AX 绕组的不等压分布，电容量值比常规法要小很多。

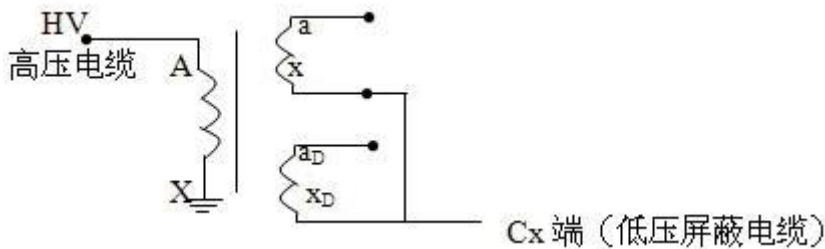


图 8 末端屏蔽法接线

3) 末端加压法（正接线方式）见图 9 所示，此方法受 X 点耐压限制，只能施加 2.5~3kV 电压，同样，电容值误差较大。

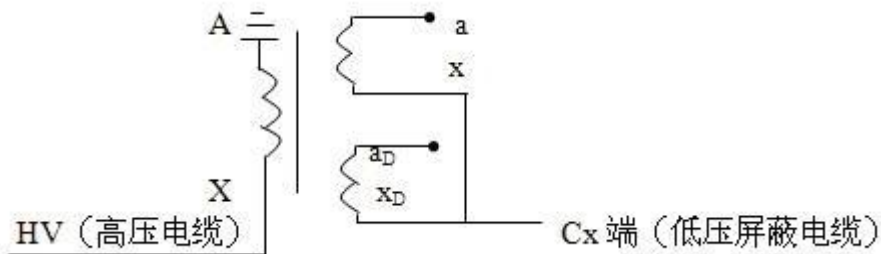


图 9 末端加压法接线

4、套管试验：

1) 对于单独的套管（未安装到变压器）测量导电杆对测屏的电容和介损值，高压端 HV 加导电杆， C_x 接测屏，用正接线法进行测量。

2) 对于安装到变压器上的套管由于导电杆与绕组连接的关系，必须将 A、B、C、O 套管的导电杆短路接 HV 高压端， C_x 端接不同套管的测屏，用正接线法测量电容和介损值。

5、变压器器身的介质损耗测量：

变压器的外壳因直接接地，所以仪器用反接线方式测量。测量部位按下表进行。

注意：高压由 HV 插口引出，将高压电缆一端插入 HV 插口，另一端接被测线圈高压端。 C_x 插口不用。

测量线圈和接地部位；

序号	双线圈变压器		三线圈变压器	
	被测线圈	接地部位	被测线圈	接地部位
1	低压	外壳和高压线圈	低压	外壳、高压和中压线圈
2	高压	外壳和低压线圈	中压	外壳、高压和低压线圈
3			高压	外壳、中压和低压线圈
4	高压和低压	外壳	高压和中压	外壳和低压线圈
5			高压、中压和低压	外壳

6、断路器断口电容试验：

断口电容的介损及电容测量时，将高压电缆和 C_x 测量电缆加到断口电容两端，用正接线方式测量。如图 10 所示：

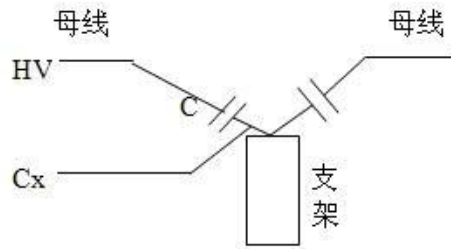


图 10 断路器断口电容试验接线

7、电流互感器：

1) 链式或串级式结构的电流互感器：这类电流互感器现场测量可按一次对二次绕组用正接线方式测量，或将二次绕组全部接地用反接线方式进行测量。

2) 电容型电流互感器：最外层有末屏引出端，试验时，可采用正接线进行一次绕组相对末屏的 $\text{tg } \delta$ 及电容的测量。

8、测量时注意事项：

1) 在试验现场发生刮风天气时，要人扶绝缘杆、避免高压端接触不良造成测试数据不稳、不对或仪器复位等现象。

2) 高压电缆 HV 插口的金属体带 10kV 危险高电压。

七、操作步骤

1、测量前准备：

1) 用接地线一端接仪器的接地柱，另一端接可靠的大地，保证仪器外壳处在地电位上。

2) **正接线时：**将高压电缆插头插入后门 HV 插座中，将另一端的黑色鳄鱼夹夹到被测试品的高端引线上，也可以把红色鳄鱼夹与黑色鳄鱼夹并联使用。将 C_x 低压电缆插入 C_x 插座中，另一端的红色夹子夹试品的低端或末屏等，黑色夹子接地或悬空或接屏蔽装置。

3) **反接线时：**将高压电缆插头插入后门 HV 插座中，将另一端的红色鳄鱼夹夹到被测试品的高端引线上，黑色夹子悬空或接屏蔽装置。 C_x 插座不用。

2、打开电源开关，计算机进行自检，液晶屏显示中文主菜单如图 11 所示。

3、菜单选择：

1) 按“功能”键可移动光标至各菜单项，并循环指示。被选中项反白字体显示。

选择键的流程见图 12 所示。

2) 在光标当前所示项目，按“增大”、“减小”键可进行该项菜单的变更，并循环指示，流程见图 13 所示。

3) 将菜单变更至与测试要求相对应后即可按选择键进行下个项目的选择。



图 11

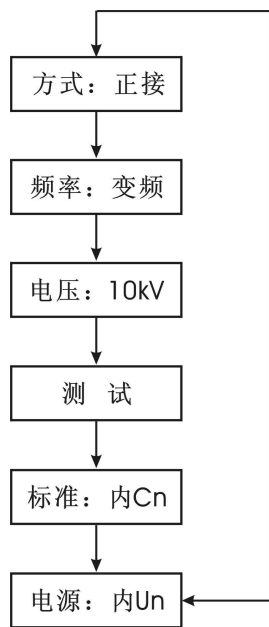


图 12

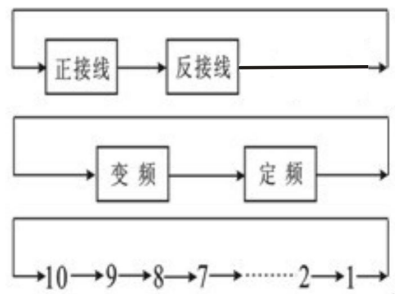


图 13

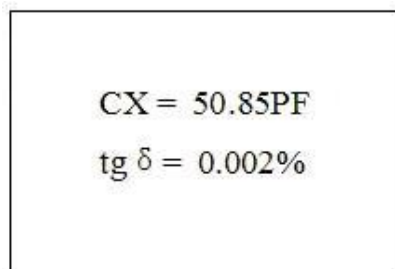


图 14



图 15

4、测试：打开开关，当光标在测试项目上时，按**确认**键大约 5 秒钟开始测试。测试过程中显示的画面如图 14（正接线，变频）所示，当下面的进程到 100%时候测试完毕，然后显示测量结果见图 15 所示，此时光标指示打印机图标，按确认键打印报告。

测量结果的意义如下：

tg δ：试品的损耗因数 tg δ 值

CX：测量的电容值

V：施加电压值

I：试品流过的电流

F1, F2：试验频率

打印结束后，关闭电源开关，测试完毕。

八、注意事项

- 1、遵守本单位的高压试验安全工作规程。
- 2、高压试验必须由 2 名以上工作人员参加，1 人操作，1 人监护。
- 3、接线完毕后，由 1 人负责检查。
- 4、测试结束后，关闭电源开关。**严禁带电拆装高压电缆！**
- 5、仪器出现不正常现象，关闭电源开关，等待一分钟左右再检查。
- 6、反接线校验标准介损器时，将标准介损器放在绝缘物体上，离地 60-100cm，将高压电缆接头悬空吊起远离地面，避免高压线夹对地的分布参数影响数据。

7、高压电缆损坏时，可以用低压 CX 线悬空使用，本产品高低压电缆接线方式相同，可以互换使用。。

8、测量完毕必须关闭电源开关，等待一分钟左右再拆线。

九、配套清单

序号	名称	数量	单位
1	介损自动测试仪	1	台
2	高压输出屏蔽电缆	1	根
3	试品输入电缆	1	根
4	AC 220V/10A 电源线	1	根
5	打印纸	2	卷
6	保险管 5A	4	支
7	接地线	1	根
8	出厂检验报告	1	份
9	产品说明书	1	份

附录

1、测量试品介质损耗因数时，若测量结果为 $(-tg \delta)$ ，是否表明试品介质损耗很小？

不一定。

测量 $tg \delta$ 时，出现 $(-tg \delta)$ 值的原因主要有：在潮湿天气条件的下瓷套表面凝结水膜，加接保护环，套管内部油质劣化、套管抽压小套管绝缘电阻降低、试验装置屏蔽不完善等，在试品内部或测试电路中形成三端 T 形网络、电场的干扰以及标准电容介质损耗大于试品介质损耗或者三种影响同时存在所引起。

而试品出现 $(-tg \delta)$ 时，是没有物理意义的。因此，当出现 $(-tg \delta)$ 时，必须查明原因，消除 $(-tg \delta)$ 的测量值。

2、测量绝缘油的 $tg \delta$ 时，为什么一般要将油加温到约 90°C 后再进行？

绝缘油的 $tg \delta$ 值随温度升高而增大，越是老化的油，其 $tg \delta$ 随温度的变化也越快。

例如，老化了的油在 20°C 时 $tg \delta$ 值，相当于新油 $tg \delta$ 值的 2 倍，在 100°C 时可相当于 20 倍。也常遇到这种情况， 20°C 时油的 $tg \delta$ 值不大，而 70°C 所测得的 $tg \delta$ 又远远超过标准，所以应尽量在高温时测量油的 $tg \delta$ 。

另外，变压器油的温度常能达到 $70\sim 90^{\circ}\text{C}$ ，所以测量 90°C 绝缘油的 $tg \delta$ 值对保证变压器安全运行是一个较重要的参数。

基于上述，《规程》规定在 90°C 下测量绝缘油的 $tg \delta$ 。