

第三讲 高压电气设备试验

主讲人：陈新国

一、配电变压器试验

目前我国**10kV**为配电系统最高电压，接轨后的配电最高系统为**20—35kV**。现在**10kV**系统标准依然沿用，对变压器试验项目**10kV**标准继续执行。

1. 工程施工交接试验现场对变压器的试验项目

- (1) 变压器线圈直流电阻测试；
- (2) 变压器变比测试；
- (3) 变压器接线组别试验；
- (4) 变压器线圈绝缘电阻及吸收比试验；
- (5) 变压器油耐压试验；
- (6) 变压器交流耐压试验；
- (7) 变压器吊芯检查试验。

注意：在变压器初次投运时要做全压冲击合闸试验，对电缆变压器共进行五次冲击，然后进行**24**小时的变压器空载运行。

2. 其他

对于大容量的变压器还要做绝缘套管及油的介质损失角试验。如有特种变压器和对变压器有特殊要求时，按交接验收规范标准规定项目进行变压器试验。

二、变压器现场交接的试验

1. 变压器线圈直流电阻测试（简称为直流电阻测试）

作用：

判断线圈内部接头、引线与线圈接头、分接开关与引线的焊接质量，分接开关各个分接位置及载流部分有无开路和短路情况。

测量使用的仪器：

测试变压器线圈直流电阻采用电桥法，对于小于**100**电阻的多采用双臂电桥，也称为**凯尔文桥**；大于**100**电阻的采用单臂电桥，又称**惠斯登电桥**。

测量方法：

测量线圈的直流电阻应在引线端上接线，测出分接开关上所有位置上的直流电阻，如有中性点引出端测线直流电阻，无中性点引出端测线直流电阻。

注意：

① 使用电桥时首先要接好桥臂的四根接线，两根电流接线端要接在变压器靠线圈侧即内侧，两根电压接线端要接靠线圈外侧，这样可以提高测量准确性。

② 由于线圈是一个较大的电感性元器件，测量时电桥中电源向它充电，经一定的时间后才会稳定，所以要读取稳定时指示的电阻值。

③ 在使用电桥时要先打开电源开关，经过一段时间后再接通电桥的检流计，然后根据检流计偏转的方向来平衡电桥，否则电桥很难调平衡。如果掌握检流计正、负偏转的速度、方向与测试准确值大小变化的关系，就能很快调节倍率开关或调节数值旋钮将检流计调到平衡。

④ 当电桥指针向正方向打得快时，倍率开关要向小调整，调整后电桥指针向正方打的速度降慢时再将数值旋钮向小调整，先调高位数后调低位数，直到电桥调整平衡。

⑤ 当电桥指针向正负方向打得快时，倍率开关要向大调整，调整后电桥指针向正方打得慢时再将数值旋钮向大调整，直到电桥平衡。平衡后读出数值，用读出的数值再乘上倍率，就是所测得的该相该分接开关上的直流电阻。

⑥ 电桥平衡后的读数即是所测直流电阻值，读值为按高位数向低位数排列起来的数值再乘上倍率。

测量结果判定:

(1) 将测量时的温度记录下来, 把测得的结果一律换算成 **20°C** 时的直流电阻值进行比较, 不能忽略温度变化对测试的影响, 不可将不同温度下测的数值进行比较, 否则将产生出错误的比较结果。当直流电阻较大时, 采用单臂电桥测试的结果要减去接线电阻, 双臂电桥则无接线的影响

(2) 对 **1600kVA** 以上的变压器, 各相线圈间同档分接开关的直流电阻相互间差别不大于三相平均值的 **2%**; 各线间同档分接开关的直流电阻相互间差别不大于三相平均值的 **1%**。

(3) 对 **1600kVA** 以下的变压器, 各相线圈间同档分接开关的直流电阻相互间差别不大于三相平均值的 **4%**; 各线间同档分接开关的直流电阻相互间差别不大于三相平均值的 **2%**。

(4) 当测得的三相不平衡直流电阻值超过以上标准时, 如不是测量电桥误差, 则应考虑分接开关接线不良、线圈间焊接不良、断线、变压器套管中导电管和引线接线不良等因素。

2. 变压器变比的测量

测量变比的目的：

验证变压器的电压变换是否符合规定值，达到设计值；开关各引出线的接线是否正确，可初步判断变压器是否存在匝间短路现象等。

测量使用的仪器：

电压表比较法、电桥法（如：**QJ35**型电桥）、新型的、电脑控制式的、多功能的变压器变比数字式电桥

测量方法：

(1) 电压表法

1) 在变压器一次侧加入**380V**电源，用三相开关控制，并在某线间接入一电压表测其线电压；在变压器二次侧接入一电压表，测其相对应线电压，合上开关后两块表同时读数，得出的数值需经换算，换算后的数值为变压器的变比。

2) 换算的方法为以低压侧测试值为标准值，换算成二次侧相当于**400V**时一次侧的读值，此时的读值就是变比。变比的误差为：测试的高压值减去标准值的差值，再除以标准值约百分数则为此档变比。

3) 电压表法要求测试时电压的波动要小，两块电压表的读数要同步，电压表要求精度是**0.5**级，操作时要注意安全

例如：变压器一次侧测量值为**383.5V**，二次侧测量值为**15.3V**

则： 高压侧电压= **$383.5 \times 400 / 15.3 = 10026$**

变压器变比的误差

$$=[(10026-10000) / 10000] \times 100 = 0.26$$

即：**10000V**档的误差是百分之**0.26**

说明：与变压器规定的百分之五的要求相比是合格的。

（2）电桥法

用变比电桥测量变压器变比时，要按电桥的操作说明书进行接线，操作按说明书进行，越现代化的仪器设备操作越简单。

注意：1) 接线时一次、二次不要接错；

2) 对有极性要求的设备要注意极性的接法、注意各操作按钮的置放位置。

3. 变压器的组别试验

方法一：双电压表法

做法：

将电源接入变压器，通过测一、二次电压来判断变压器的组别。

要求：

（1）它要求三相电压基本上是平衡的，不平衡度不应超过**2%**，否则测量误差太大甚至造成无法判断连接组别。

（2）所采用的电压表要有足够的准确度，一般采用**0.5级**或**1级**的电压表。

方法二：直流法

一般在现场不进行试验，经大修后的变压器可采用此方法进行。

方法三：多功能的变压器变比、组别、极性自动数字式电桥

4. 变压器吊芯检查试验

准备工作：

- (1) 首先要对气候和环境进行考虑和安排；
- (2) 对人力进行安排；
- (3) 对机具、材料进行安排；
- (4) 有完善可行的方案、工序的安排和具体实施措施。

吊芯检查工作是在吊芯过程中进行的，如若准备不充分将会延长吊芯的时间，器身长时间暴露在空气中，将不利于吊芯工作。

器身检查的主要项目：

(1) 对所有的螺栓进行检查

1) 螺栓的紧固情况检查一遍，并再次紧固一遍，不应有松动，并应有防松措施。

2) 对穿芯螺栓的检查，查夹紧铁芯的穿钉螺栓是否松动，并测量所有穿芯螺栓对铁心的绝缘电阻。

(2) 对铁心的检查

1) 贴心不应有变形和松动；

2) 检查铁心的片间绝缘，铁心自身绝缘应良好，拆开接地线后对地绝缘应良好，拆开屏蔽接地引线，检查屏蔽对地绝缘应良好。

3) 检查铁心的接地情况，铁心只允许出现多点的接地情况。

(3) 对绕组的检查

1) 绕组的绝缘层完整无损，无变形；

2) 绕组排列整齐、油路畅通，绕组压钉紧固，放松备母锁紧。

(4) 引出线无破损，绝缘无损伤，引出线绑扎固定牢固，安全距离符合规定，裸露部分无尖角毛刺，引出线与套管连接牢靠，绕组到分接开关的接线、分接开关到套管的接线应正确。

(5) 检查分接开关

1) 分接开关接头应清洁、触电接触紧密，所有接触部分用**0.05*10mm**塞尺检查，应塞不进出，分接头的转动接点，停位应正确，机构转动灵活与指示器指示位置应一致。

2) 检查分接开关的接触电阻，应符合标准的要求。

(6) 检查油箱底部不应有油泥、水分以及其他遗物和金属屑末等杂物，若有铁器与磁铁吸出。

(7) 检查变压器的油路各部分，包括油枕、油箱、散热器、油管及瓦斯继电器油路是否畅通。

(8) 检查防爆管及温度测量装置、呼吸器等元器件是否完好，防爆管的玻璃是否损坏，温度测量装置的位置及接线是否正确，呼吸器中硅胶如果变色，更换新硅胶或将其炒干还原后在使用。

(9) 对补完油的变压器要做渗漏油试验，若无渗漏，吊芯检查项目基本结束。

(10) 资料整理

对吊芯的变压器要收集整理出厂合格证、试验成绩单、变压器铭牌内容、吊芯检查记录、吊芯检查试验结果，并要有时间记录、天气记录、吊芯检查工作负责人、测试人员等等内容。

有关变比试验、直流电阻试验、绝缘试验、交流耐压试验以及变压器油的过滤检查情况及变压器油试验结果报告不进入吊芯检查试验过程。

三、高压电动机

1. 电动机试验的内容

高压电动机是配电系统直接用于生产的最高电压等级的电气设备，目前我国以**10kV**、**6kV**电动机应用较为普遍，现场施工必须做交接试验。

高压电动机检查试验的项目：

- (1) 电动机的直流电阻测试。
- (2) 电动机的绝缘电阻测试。
- (3) 电动机的交流耐压。
- (4) 电动机的相序检查。
- (5) 电动机的启动试验和单机试运。

2. 电动机交接试验

(1) 电动机的直流电阻测试

作用：

可以判断各相绕组直流电阻的平衡情况，测量数据与出厂资料相比较，是否存在着接触不良、匝间短路的情况，以便进一步查找缺陷和故障。

测量使用的仪器：电桥法

1) 小于 **10Ω** 电阻：采用双臂电桥，也称为凯尔文桥；

2) 大于 **10Ω** 电阻：采用单臂电桥，又称惠斯登电桥。

3) 高科技仪器，精度超过**0.2**级以上。测量方法

测量电动机线圈绕组的直流电阻的方法：

① 打开接线盒进行测量，对于接线盒内有三个出线端的绕组，要分别测量**L1—L2**、**L2—L3**、**L1—L3**绕组的直流电阻。对于有六个出线端的电机绕组要测量**U1—U2**、**V1—V2**、**W1—W2**相直流电阻。

② 使用电桥时首先要接好桥臂的四根接线，两根电压接线端要接在电动机靠线圈侧即内侧，两根电流接线端要接靠线圈外侧，这样可以提高测量准确性。

注意：

① 由于线圈是一个较大的电感性元器件，测量时电桥中电源向绕组线圈充电，经一定的时间后才会稳定，所以要读取稳定时指示的电阻值。测试电动机直流电阻时充电的时间要比测试变压器时充电时间要短，只要熟练掌握使用电桥的方法就可以准确的测量出正确的结果。

② 电桥平衡后的读数为按高位数向低位数排列起来的数值再乘上倍率，即是所测直流电阻值。

测量结果判定：

① 将测量时的直流电阻数值记录下来，把测得的结果一律换算成**20℃**时的直流电阻值，再与出厂测试数值进行比较，各相绕组的差值不应超过**2%**，

② 对于定子绕组在内部已经连接时，可测的线间电阻差值不应超过**1%**。

③ 不能忽略温度变化对测试的影响，否则将产生出错误的比较结果。

④ 当直流电阻较大时，采用单臂电桥测试的结果要减去接线电阻，双臂电桥则无接线电阻的影响。

(2) 绝缘电阻及吸收比的测试

作用：

它检查电动机的绝缘情况，是否存在缺陷和受潮等情况，对于以后的电动机耐压试验有着先导探查的意义。

测量使用的仪器：

电动机额定电压在**3000V**以上者，要用**2500V**的兆欧表进行测量，包括：手摇发电机式、电池式，电池式的摇表更为便捷和稳定。摇表要选择检定使用周期内的合格仪表，使用前对摇表进行短路试验和开路试验，合格后使用。

测量方法：

打开接线盒拆除接线的连接片，

① 对于只有三个出线端的笼型电机，用导线将三个出线绕组短封后进行测量，只测三相对外壳、对地绝缘电阻。

② 对于有六个出线端的笼型电机，要分别测量**L1—L2**、**L1—L3**、**L2—L3**及**L1—地**、**L2—地**、**L3—地**的绝缘电阻。

③ 若是绕线式电动机，还要测转子的绝缘电阻。

④ 测量时要测一分钟以后的读数，对于吸收比要测**60秒**与**15秒**时的读数。

测量结果判定：

1) 对测试的数据要进行处理，将测试值换算到与出厂时同一温度进行比较，测试值不应有明显下降。

2) 对于非**A级**绝缘的电动机，以**75°C**为标准进行换算比较。

3) 定子的绝缘电阻不应低于每千伏**1MΩ**，各相绕组的不平衡系数一般不应大于**2%**。

(3) 电动机的交流耐压 (参照交流强度试验)

(4) 电动机的相序检查

电动机的相序检查，是根据所拖动的机械确定，一般是在电机送电时点车来确定，其转向应满足机械要求，若不满足时可将三相电源中的任意两根相线对调来改变转向。在不通电的情况下是检查电缆的相序来判断电机的相序，但最终以送电时电机真实转向为准。

。

3. 电动机的启动试验和单机试运

电动机的启动试验：在电机脱开机械的状况下，电动机接通电源后速度由静止加速到稳定转速的过程。它标志着电动机安装完毕，进入试运交工阶段，验证电动机安装的成果，设备第一次受电运行的状况。

(1) 电动机的启动试验

内容包括：点动起车、电机转向判定、启动电流的测试、声音情况、振动情况及启动时对电网的影响等。

1) 点动起车：即合闸后，待启动电流下降后立即停车，此段时间很短，仅仅电机启动的几秒中，按跳闸按钮要在电机电流下降后操作，不要即合即断，在启动电流最大时切断电源，这样对断路器不利，拖得时间太长失去点车意义。

行观察。对逆相序旋转的电机等停下来后，再进行倒相。

3) 启动电流的测试：在盘柜上观测电流表，合闸后看启动电流的最大值，当保护整定小于启动电流值时测不到启动电流的最大值，有条件的采用卡流表辅助测试启动电流。盘柜上观测电流表时有的看不到启动时的最大值，但电流下落的时间可以见到。

4) 观察声音情况：电机由静止到转速最大，转动的频率增加，声音的频率也增加，机轴的摩擦声音、转子旋转的振动等声音交织在一起，须仔细的聆听，进行分析，对有怀疑异常的声音记下来，待第二次、第三次启动时核实验证。

5) 启动的次数和启动的间隔时间：电动机启动试验次数为**3**次，

① 首次启动后，参与启动的工作人员将发现的问题提出来，进行交流研讨，对电动机再进行一次有针对性的检查，第一次与第二次间隔的时间要不低于**15**分钟。

② 第二次启动有针对性观察前一次提到的问题，进行核实。此次电机启动的时间根据需要确定，可适当延长时间再停车。第二次停车后，不须长延时后进行第三次启动，一般短暂停车几分钟，汇集大家的意见，无异常进行第三次开车。

③ 第三次合闸后就不再断开闸进行下一道工序——单机试运。

6) 启动电流对电源系统的影响：当启动后看启动电流对电源的影响，观察系统电压表看电压下降的幅度、看电源波动恢复到正常时的时间。

(2) 电动机的单机试运

电动机的单机试运时间为从第三次合闸算起，连续不间断运行**2**个小时，若中间停车重新进行**2**小时的单机试运。

电动机单机试运的检查项目是：

- ① 电动机的温升情况，要查电动机前、后轴端盖、机壳等的温度，最少不少于三个点；
- ② 测量电动机的转速；
- ③ 电动机的振动情况，电机启动振动情况一般是在电机已经达到平稳转速时测量，最少要测出上、下、左、右四个方向的振动情况，用振动仪测定；
- ④ 监听电动机的声音是否正常，测量电动机的噪声大小等。
- ⑤ 检查每**20—30**分钟进行一次，并做好记录。

测量结果判定：

经启动试验和单机运行**2**小时无异常者，可以判定该电动机已具备投入运行的条件，已达到交接验收的条件，可移交甲方投入使用，办理交接手续。

四、高压断路器

断路器： 电气工程中不可缺少的电气元件，是重要的一次设备，在正常的情况下切、合高压电路，在故障的情况下开断巨大的故障电流，断路器又是关键的操作设备。

在高压配电系统的断路器担负着大面积的供电，它关系到电力供应是否正常的关键，也是经常出现问题 and 发生故障的器件之一，

主要有：油断路器、真空断路器和**SF6**气体断路器。

1. 高压断路器的试验内容

(1) 绝缘电阻测试

(2) 导电回路电阻测量

(3) 线圈直流电阻测量

(4) 跳、合闸时间的测量

(5) 绝缘油试验

(6) 三相同期试验

(7) 操作机构的最低动作时间测

量

(8) 交流耐压试验。

2. 高压断路器的交接试验

(1) 绝缘电阻测试

测试前应将支持绝缘子擦干净，使用**2500V**的兆欧表，①要测量相与相之间的绝缘电阻，②相与地之间的绝缘电阻，测试结果不应少于**1000MΩ**。

(2) 导电回路电阻测量

高压断路器的导电回路电阻也叫作接触电阻，其测量试验使用双臂电桥，测试时先将断路器合、跳几次后再将断路器操作保险取下，将断路器手动操作部分绑死捆住，以防突然跳闸伤人，并防止突然断开时电桥的检流计打坏。测量时如果怀疑测定数值可复测几次，每次都将开关动作几次。取分散性较小的三次平均值为测试值。

(3) 跳闸、合闸线圈直流电阻测量

跳闸、合闸线圈直流电阻测量，这是一项常规的试验，用单臂电桥进行测试，测试结果与以往测试结果相比不应有较大的变化。

(4) 跳闸、合闸时间的测量

它属于断路器的动作特性试验，跳闸、合闸时间与跳合闸的速度有关，与机械的结构、机械的摩擦力及机械势能能量等有关。

测量时使用电秒表进行动作时间的测量，测量合闸时间时，将三相开关主触电串联连接到电秒表，当只有全部接点闭合时的时间为合闸时间；测量分闸时间时，将三相开关主触点并联连接后，接到电秒表，当只有全部接点断开时的时间为分闸时间。

(5) 绝缘油试验

仅对油断路器做此项试验，实验方法同油试验。

(6) 三相同期试验

断路器的三相同期试验是通过手动压合开关进行的，在三相动、静触头之间接入三只小电珠，小电珠回路始终是通电的，当压合开关时，按电珠亮的先后做好记号，压到底后在三相导电杆上再做出记号，分开闸后测量各导电杆上下两记号间的距离，调整导电杆的长度使之相同，反复调整到压合时电珠同时亮，断开时电珠同时灭为止。

(7) 高压断路器操作机构的最低动作时间测量

高压断路器操作机构的最低动作时间测量，它属于操作机构的检验。为保证断路器在各种运行状况下都能可靠地工作，规程规定了动作电压的下限值，如果动作电压过低，会引起断路器的误动作。

合闸接触器线圈最低动作电压：不大于额定电压的**80%**，不小于额定电压的**30%**；分闸电磁铁线圈最低动作电压：不大于额定电压的**65%**，不小于额定电压的**30%**。

(8) 交流耐压试验

交流耐压试验是在断路器特性试验完成后进行的，油断路器还要在油试验合格后进行，气体断路器要在充满合格的**SF6**气体后进行。

断路器要做两次试验，进行断口间耐压试验和对地耐压试验。

注意：试验标准中有些断路器的断口耐压值大于对地耐压值。

3. 真空断路器在耐压时发现下列情况时需更换真空泡：

(1) 断路器未合闸而一端带电时真空灭弧室出现红色或乳白色的辉光。

(2) 真空灭弧室内部零件氧化变色或失去铜的光泽。

(3) 玻璃壳上有大量的沉积物。

五、互感器

互感器：用电磁感应原理，将一次高电压、大电流按一定的比例，变成二次低电压、小电流，再按比例折算反映一次电源情况，是电力系统不可缺少的电气设备，对电压进行变换的是电压互感器，对电流进行变换的是电流互感器，统称为互感器。

作用：用于测量、计量、继电保护。与电压互感器配套使用**100V**交流电压表；与电流互感器配套使用**5A**交流电流表。

1. 电压互感器（PT）

实际是降压变压器。不论一次电压多高，二次侧一律为**100V**，它的试验项目和方法类同于变压器，较变压器简单些。

(1) 电压互感器试验项目

- 1) 电压互感器线圈直流电阻测试;
- 2) 电压互感器变压比测试;
- 3) 电压互感器接线组别试验;
- 4) 电压互感器线圈绝缘电阻测试;
- 5) 电压互感器交流耐压试验。

2. 电流互感器

配电系统中的电流互感器简称为**CT**，不论一次电流多大，二次侧一律为**5A**，它的试验项目和方法有些类同于变压器。

(1) 电流互感器交接试验项目

- 1) 电流互感器线圈直流电阻测试；
- 2) 电流互感器变流比测试；
- 3) 电流互感器极性试验；
- 4) 电流互感器线圈绝缘电阻测试；
- 5) 电流互感器交流耐压试验。

(2) 电流互感器试验

1) 电流互感器线圈直流电阻测试方法同变压器。

2) 电流互感器变流比测试

CT一般有两个二次线圈，误差较大的是**3级**继电保护绕组，误差较小的是**0.5级**。

测量和计量绕组测试时，可采用变比电桥测试，测量变流比误差和相角误差即比差和角差。

在采用比较法测试时，标准电流互感器的精度要求要达到**0.2级**以上。二次侧和一次侧电流表要求等级用**0.5级**表，型号误差尽量一致。三块表的读数要同步，电源的波动要小，一次大电流调整时动作要快。否则测量结果不准确。

3) 电流互感器极性测试

电流互感器极性试验的方法很多，用直流法很简单实用，就是绕组找同名端。将电池正极瞬间点接在一次绕组上，二次线圈接直流毫安表或毫伏表，通过观察表针的指向确定同名端。当表正向摆动时，电池正极和表正极接线端为同名端。

4) 电流互感器线圈绝缘电阻测试用**2500V**摇表分别测量一次对二次和二次之间的绝缘电阻方法同变压器(略)。

5) 电流互感器交流耐压试验试验方法同变压器(略)。

六、避雷器

避雷器：一种防止电气设备过电压的保护器件。

操作过电压：也叫内部过电压，由电网中的电感、电容及电网中合闸、分闸引起。

大气过电压：也叫外部过电压，即雷电引起的过电压；

配电系统中避雷器的分类：阀型避雷器和氧化锌避雷器。

1. 阀型避雷器

阀型避雷器是一种有间隙的避雷器，它除做绝缘电阻测试外还要做工频击穿放电试验。

2. 氧化锌避雷器

氧化锌避雷器是一种性能优良的无间隙避雷器，由于组成避雷器材料的化学性能和物理结构与阀型避雷器不同，对其不能像阀型避雷器一样做工频击穿放电试验，氧化锌避雷器采用直流的方法进行试验。

（1）测量氧化锌避雷器直流1mA下的电压

方法：在下部串一只直流毫安表，然后施加直流电压，当毫安表的指示为1mA时对应的电压值就是所测值。试验时，由于接近击穿时的电流上升很快，调整电流要注意，避免造成击穿。氧化锌避雷器具有像稳压管一样的特性，电流达到1mA时即被认为临界击穿，它在特性曲线的拐点上。

目的：寻找击穿的临界值——拐点。

（2）测量在75%击穿电压下的直流泄漏电流

方法：将上一项试验中找到的击穿值再乘75%加在氧化锌避雷器两端，对避雷器施加直流电压，当电压上升达到击穿电压的75%时，在这个电压下测泄漏电流。此时的泄漏电流极小，仅有几个微安，几乎绝缘。

目的：检查氧化锌避雷器未击穿时的绝缘状态，用泄漏电流表征。

七、电容器

分类：藕合电容器、移相电容器和均压电容器等，

移相电容器的作用：利用电容电流的补偿作用，可以提高功率因数，减少线路有功损耗，对线路的功率因数进行补偿。

1. 并联电容器交接试验项目

(1) 并联电容器极间电容量的测定。

(2) 并联电容器绝缘电阻测试。

(3) 并联电容器耐压试验。

(4) 移相电容器的冲击合闸试验。

2. 并联电容器试验

(1) 并联电容器的电容量测试

方法：采用电流电压法是将电容器的两端加入交流电，根据所测得的读数进行计算，用电压除以电流得到阻抗，根据电源的频率和阻抗再求出电容量。即：

$$X_C = \frac{U}{I}; \quad X_C = \frac{1}{\omega C}; \quad C = \frac{1}{\omega X_C}$$

$$\omega = 2\pi f \quad C = \frac{I}{\omega U} = \frac{I}{2\pi f U}$$

缺点：采用电流电压法需要计算，对电源的要求要高，测量时电源频率要稳定，电压波动要小，并为正弦波，所用电流电压表均不应低于0.5级。

其他方法：电容表法、电桥法

注意：测得的电容值与铭牌比较上下不应超过10%的误差值。

(2) 并联电容器的绝缘电阻测试

作用：测量电容器极板对地的绝缘电阻值，这主要是检查套管的绝缘。电容器要测试两个极板对地的绝缘电阻值，

注意：不要对极板间进行绝缘摇测，因为电容器的容量较大，摇表对其充电需要很长时间，而摇表容量小，充电极不稳定，产生的高电压对摇表放电时容易造成摇表的损坏，所以，交接试验不要对板间进行绝缘电阻的测量。

(3) 并联电容器的耐压试验

作用：测量电容器极板对地的抗电情况，将极板短路后对地进行耐压。

注意：不要对极板间进行耐压，因为对极板间进行耐压需要大容量的设备，大容量的电源，现场难以解决，所以交接试验不做极板间进行绝缘强度的试验。

设备：容量为**3—5kVA**，电压为**200 / 50000V**。

(4) 移相电容器的冲击合闸试验

在交接时额定电压下，对移相电容器进行三次冲击合闸试验。每次开关合闸时，熔断器不应熔断，各项电流不应超过**5%**。

八、套管、绝缘子

套管、绝缘子：电网中广泛使用的一种绝缘部件。它是线路或电气设备的支撑件和隔离件，套管还具有设备引出线的作用，为保证设备的安全运行提供了不可缺少的条件。

材料：纯瓷材料和非纯瓷材料，不论使用哪一种材料制成的部件，都受着内部机械应力、机电负荷冷热作用、瓷制材料大自然劣化及过电压的威胁。所以套管、绝缘子的测试不容忽视。

1. 套管试验

套管的交接试验项目：绝缘电阻测量，交流耐压试验，对于油套管进行绝缘油试验，**2万伏以上的非纯瓷套管**要做介质损失角测试。

(1) 套管的绝缘电阻测量一般不低于**1000MΩ**，测量前套管表面要擦干净，摇测对地的绝缘电阻。潮湿天气要在绝缘表面加屏蔽，屏蔽的做法是在套管的表面绕几圈裸铜线，将摇表的**G端**接入进行测量。消除瓷表面的泄漏。

(2) 交流耐压试验是测量套管芯线对地的绝缘强度。在一分钟内无放电无闪络即认为合格。

(3) 对油套管需要进行绝缘油的试验(参照油放电击穿试验)。

2. 绝缘子试验

绝缘子试验在配电系统仅有两项试验：

(1) 绝缘子的绝缘电阻测量

应在良好的天气下进行。影响绝缘电阻的因素很多，温度、湿度、表面清洁及干燥程度等都要考虑。用**2500V**的摇表进行测量，对于多元件支柱式绝缘子，每一元件的绝缘电阻、悬式绝缘子每片绝缘电阻均不低于**300MΩ**，认为合格。

(2) 交流耐压试验

在绝缘子两端施加工频交流电压，在一分钟内无放电无闪络即认为合格。

注意：对于纯瓷式绝缘子因为它不存在累计效应，所以交接试验电压同出厂试验电压相同。对非纯瓷绝缘子存在着累计效应，所以交接试验电压低于出厂试验电压。

九、电力电缆

电力电缆：将电气设备与电源相连接的电能量传输系统部分，在电力系统中电缆不仅必须长期承受电网的电压，还要承受大气操作过电压，是电气中使用最广泛最多的部件。

电力电缆的种类：油浸纸绝缘电缆、聚氯乙烯电缆、交联聚乙烯电缆

高压电缆一般多用于高压系统的电力传输，电网与变压器连接、电源与高压电动机的连接，供电线路与高压电容器的连接、变配电所与架空线路的连接等离不开电力电缆。

电缆及电缆头的试验：泄漏电流的测量和绝缘耐压试验

1. 绝缘电阻测量

目的：检查电缆绝缘受潮、脏污或存在局部缺陷。

使用的仪器为：1000V以上的电缆用2500V兆欧表，

做法：每根电缆每芯要测一次，每次测试时将被测芯线悬空，接摇表的正端L，将其余芯线连同屏蔽、铠装一并接地，接摇表的E端，测试时应读取一分钟以后的数值。一般在直流耐压前后都要进行绝缘电阻的测量，比较耐压前后绝缘电阻有无明显变化。

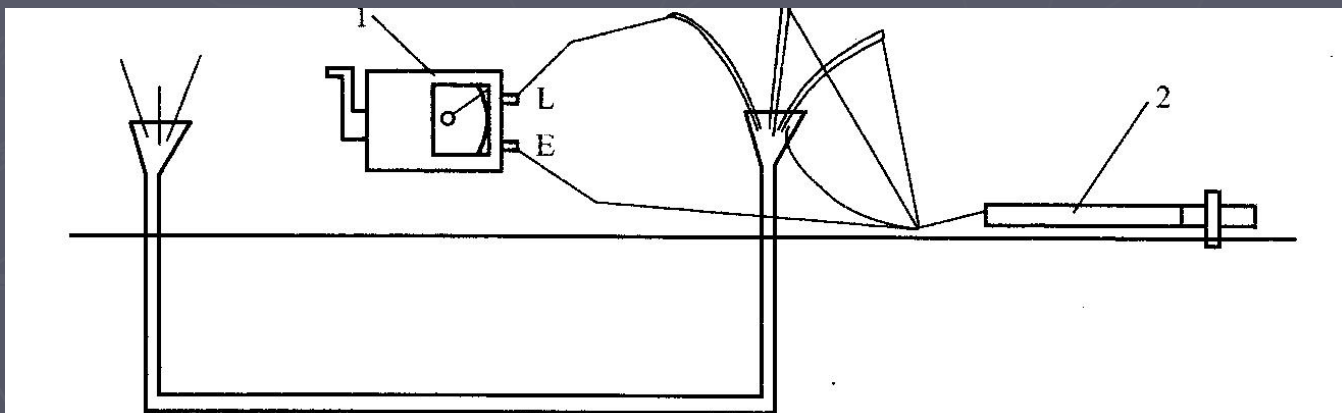


图 12-1 电缆耐压试验接线

1—高压绝缘摇表；2—高压放电棒

2. 直流耐压试验与泄漏电流的测量

直流耐压试验：在直流电压的作用下，电缆绝缘中的电压按绝缘电阻分布，当在电缆中有发展性局部缺陷时，大部分电压将加在与缺陷串联未损坏部分上，所以，从这种意义上来说直流耐压比交流耐压更容易发现局部缺陷。

泄漏电流的测试：与直流耐压试验同时进行。二者试验及意义不相同，但使用的设备和试验的接线完全相同，所以是可以同时进行的。直流耐压试验主要检查的是机械损伤、气泡、绝缘干枯、包缠缺陷等。直流耐压试验对于绝缘劣化、受潮等情况的检查比较有效。

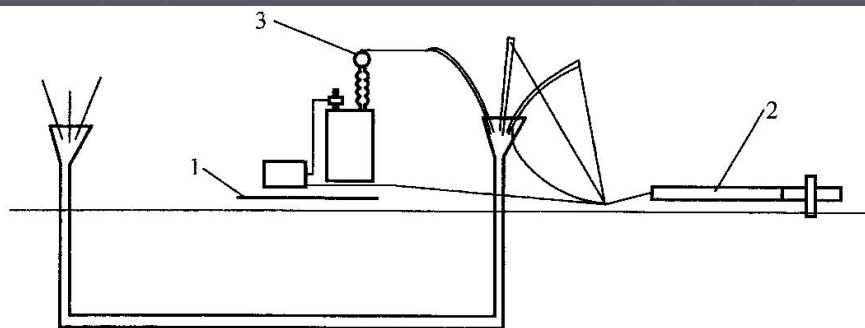


图 12-2 电缆耐压试验接线

1—高压试验设备；2—高压放电棒；3—微安表

注：硅堆装在高压变压器输出引线的套管内，当短路铜棒插入时输出为交流，拔出拿掉后输出的为直流

3. 对电力电缆存在缺陷的判断

在直流耐压和泄漏电流试验过程中，泄漏电流如突然变化，或随时间增长而增大，或者与试验电压不成比例急剧上升都说明电缆存在缺陷。为了进一步找出原因，可用提高试验电压或延长耐压持续时间的办法来确诊。电缆存在缺陷通常表现形式；

(1) 泄漏电流周期性摆动

说明电缆绝缘有局部的空隙性缺陷，在一定的电压作用下空隙会击穿，使试验电流突然增大，同时已充电的电缆电容击穿空气放电，于是电缆充电电压下降，直到空隙绝缘恢复，这时试验电流减小，表现为电缆充电电压又升高，再击穿、再生高、放电然后绝缘又恢复。重复、反复发生，使电流表做周期性摆动。

(2) 相与相之间的泄漏电流差值大

三相间泄漏电流差值大，即不平衡系数(泄漏电流最大的一相与最小的一相的比值)大。**3kV**以下者大于**2.5**，**6kV**以上者大于**2**，以及与以往比较差异较大(但要考虑泄漏电流的绝对值，如对于**10kV**及以上者最大一相的泄漏电小于**20**微安时，**6kV**及以下者小于**10**微安时，不平衡系数可允许大些)，这表明泄漏最大的那相可能存在局部缺陷。

(3) 泄漏电流随时间增长而增大(且绝对值较大)。在排除其他因素后则说明被试电缆有缺陷。

十、绝缘工具和安全用具电气试验

绝缘工具和安全用具是电气维修、带电操作、带电检查不可缺少的工具和用具。为保证运行检修和带电作业人员的安全，必须对新使用的绝缘工具和安全用具进行验收试验。

电气试验项目：绝缘电阻的测试、工频交流耐压试验。

1. 绝缘电阻的测量

对绝缘工具表面绝缘电阻的测量，应使用**2500V**摇表。测量时可使摇表的“**L**”端及“**E**”端引出线的测试电极(电极宽**2cm**)相距**2cm**左右，依次平行移动至有效长度的全表面，在此过程中连续转动摇表(或电动式兆欧表连续工作)，其绝缘电阻值应无变化，在一般温度和湿度下，测得的绝缘电阻值不得低于**700MΩ**。

2. 工频交流耐压试验

对绝缘工具的试验电压是根据绝缘工具可能遭受的操作过电压数值来考虑的，并要有**10%**的裕度，按系统中的最大工作电压的**1.1**倍为试验电压，对绝缘工具进行耐压试验。

6—10kV系统的操作过电压按**4**倍线电压考虑，其试验电压为：

$$4 \times 10 \times 1.1 = 44 \text{ kV}$$

35kV系统的操作过电压按**4**倍相电压考虑，其试验电压为：

$$4 \times \frac{35}{\sqrt{3}} \times 1.1 = 89 \text{ kV}$$

按绝缘工具的有效绝缘长度施加试验电压，往往受到试验设备的限制，由于试验电压较高，需要分段进行试验，这时工具每厘米绝缘长度的试验电压按上述计算值还应提高**20%**，这样，根据绝缘工具的最小有效绝缘长度可以计算出每厘米长度应加的试验电压值。

试验方法如下：

绝缘杆、绳、梯的耐压试验：用细裸铜线或细裸铝线等作电极，缠绕于试品上，并按等距离布及各部位(例如间隔**30cm**)。

绝缘手套、绝缘靴的耐压试验：将手套、靴内注水，水面距上沿**5cm**，并将其置于水箱内，浸入水中，根据手套的不同高度调节水箱的升降框，使手套内外水位相同，将电极插入手套内加压，要注意手套露出水面的部分应保持干燥，

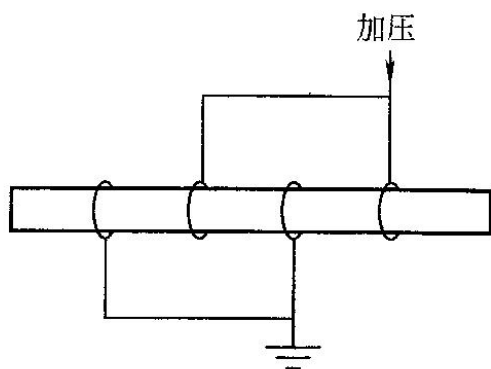


图 12-3 绝缘杆试验

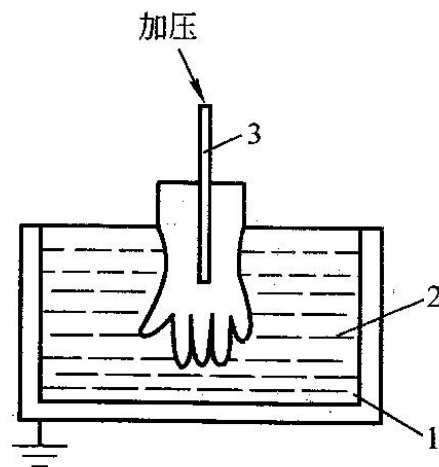


图 12-4 绝缘手套试验

1—水箱；2—升降框；3—电极

绝缘垫类的耐压试验：可用金属板作电极，电极距离调整到与试品直接接触，电极的直径为**2.5mm**，电压加在两极板上，试品由两极板拉过，凡使用部分均应获得试验，单在边缘处留有足够距离，以免试验过程中出现沿面放电。

高压验电器的清晰发光电压检查：宜采用变比较小，宜于读得准确电压值的试验变压器。升压速度均匀、缓慢，待灯光清晰而且稳定时，读取电压表指示值，此电压为清晰发光电压。一般应重复**2—3**次。