

中华人民共和国电力行业标准
DL 417—91
电力设备局部放电现场测量导则

中华人民共和国能源部 1991-12-02 批准

1992-04-01 实施

1 主题内容

本导则主题内容是依据国家标准 GB7354—87《局部放电测量》规定的要求，结合现场实际情况，推荐电气法局部放电试验的测量方法、测量仪器和校准方法；规定有关通用的试验程序；给出识别试品内部放电和外界干扰脉冲的图谱与说明。

2 适用范围

本导则主要适用于在变电所现场或试验室条件下，利用交流电压下的脉冲电流法测量变压器、互感器、套管、耦合电容器及固体绝缘结构的局部放电。其测定的物理量为：

- a. 测定电力设备在某一规定电压下的局部放电量；
- b. 测定电力设备局部放电的起始电压和熄灭电压。

对长电缆的局部放电试验，本导则不作介绍。

在以本导则进行测量时，根据不同试品，应参照有关电力设备的国家标准或行业标准中的有关条款规定。

3 名词术语

3.1 局部放电¹⁾是指设备绝缘系统中部分被击穿的电气放电，这种放电可以发生在导体(电极)附近，也可发生在其它位置。

注：1)导体(电极)周围气体中的局部放电有时称为“电晕”，这一名词不适用于其它形式的局部放电。“游离”是指原子与分子等等形式的电离，通常不应把“游离”这一广义性名词用来表示局部放电。

3.2 视在放电量¹⁾ q 是指在试品两端注入一定电荷量，使试品端电压的变化量和局部放电时端电压变化量相同。此时注入的电荷量即称为局部放电的视在放电量，以皮库(pC)表示。

注：1)实际上，视在放电量与试品实际点的放电量并不相等，后者不能直接测得。试品放电引起的电流脉冲在测量阻抗端子上所产生的电压波形可能不同于注入脉冲引起的波形，但通常可以认为这二个量在测量仪器上读到的响应值相等。

3.3 局部放电起始电压 U_i 是指试验电压从不产生局部放电的较低电压逐渐增加时，在试验中局部放电量超过某一规定值时的最低电压值。

3.4 局部放电熄灭电压 U_e 是指试验电压从超过局部放电起始电压的较高值逐渐下降时，在试验中局部放电量小于某一规定值时的最高电压值。

4 试验回路和测量仪器

4.1 试验回路

测量局部放电的基本回路有 3 种，如图 1 所示，其中图 1(a)、(b)可统称为直接法测量回路；(c)称为平衡法测量回路。

4.1.1 第一种回路主要包括：

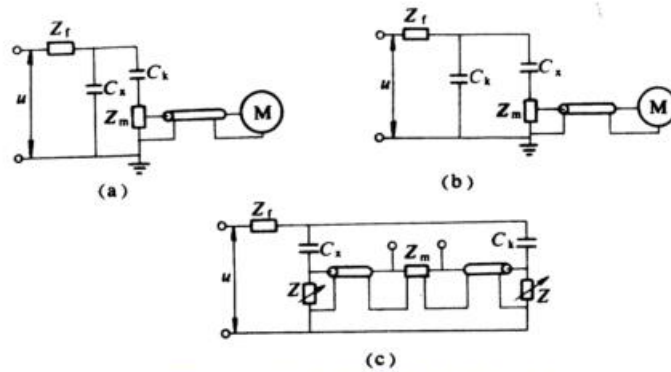


图1 局部放电测量的基本回路

(a)测量阻抗与耦合电容器串联回路；(b)测量阻抗与试品串联回路；(c)平衡回路

Z_f —高压滤波器； C_x —试品等效电容； C_k —耦合电容；

Z_m —测量阻抗； Z —调平衡元件； M —测量仪器

a. 试品等效电容 C_x 。

b. 耦合电容 C_k 。 C_k 在试验电压下不应有明显的局部放电。

c. 测量阻抗 Z_m 。测量阻抗是一个四端网络的元件，它可以是电阻 R 或电感 L 的单一元件，也可以是电阻电容并联或电阻电感并联的 RC 和 RL 电路，也可以由电阻、电感、电容组成 RLC 调谐回路。调谐回路的频率特性应与测量仪器的工作频率相匹配。测量阻抗应具有阻止试验电源频率进入仪器的频率响应。连接测量阻抗和测量仪器中的放大单元的连线，通常为单屏蔽同轴电缆。

d. 根据试验时干扰情况，试验回路接有一阻塞阻抗 Z_f ，以降低来自电源的干扰，也能适当提高测量回路的最小可测量水平。

e. 测量仪器 M 。

4.1.2.3 种试验回路一般可按下面基本原则选择：

a. 试验电压下，试品的工频电容电流超出测量阻抗 Z_m 允许值，或试品的接地部位固定接地时，可采用图 1(a) 试验回路。

b. 试验电压下，试品的工频电容电流符合测量阻抗 Z_f 允许值时，可采用图 1(b) 试验回路。

c. 试验电压下，图 1(a)、(b) 试验回路有过高的干扰信号时，可采用图 1(c) 试验回路。

d. 当用 Model5 (英国 Robinson 公司制造) 及类似的测量仪器时，应使 C_k 和 C_x 后的等效电容值在测量阻抗所要求的调谐电容 C 的范围内。

4.2 测量仪器

4.2.1 测量仪器的频带

常用的测量仪器的频带可分为宽频带和窄频带两种，其由下列参数确定：

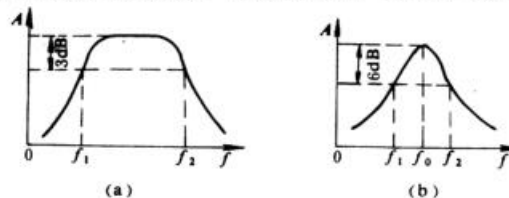


图2 测量仪器的频带

(a)宽频带； (b)窄频带

a. 下限频率 f_1 上限频率 f_2 其定义为：对一恒定的正弦输入电压的响应 A ，宽频带仪器分别自一恒定值下降 3dB 时的一对(上、下限)频率；窄频带仪器分别自峰值下降 6dB 时的一对(上、下限)频率，如图 2 所示。

b. 频带宽度 Δf ：宽频带和窄频带两种仪器的频带宽度均定义为

$$\Delta f=f_2-f_1$$

宽频带仪器的 Δf 与 f_2 有同一数量级；窄频带仪器 Δf 的数量级小于 f_2 的数量级。

c. 谐振频率 f_0 ：窄频带仪器的响应具有谐振峰值，相应的频率称为谐振频率 f_0 。

4.2.2 现场测量时仪器的选择

现场进行局部放电试验时，可根据环境干扰水平选择相应的仪器。当干扰较强时，一般选用窄频带测量仪器，例如 $f_0=(30\sim 200)\text{KHz}$ ， $\Delta f=(5\sim 15)\text{KHz}$ ；当干扰较弱时，一般选用宽频带测量仪器，例如 $f_1=(10\sim 50)\text{KHz}$ ， $f_2=(80\sim 400)\text{KHz}$ 。对于 $f_2=(1\sim 10)\text{KHz}$ 的很宽频带的仪器，具有较高的灵敏度，适用于屏蔽效果好的试验室。

4.2.3 指示系统

局部放电的测量仪器按所测定参量可分不同类别。目前有标准依据的是测量视在放电量的仪器，这种仪器的指示方式，通常是示波屏与峰值电压表(pC)或数字显示并用。用示波屏是必须的。示波屏上显示的放电波形有助于区分内部局部放电和来自外部的干扰。

放电脉冲通常显示在测量仪器的示波屏上的李沙育(椭圆)基线上。测量仪器的扫描频率应与试验电源的频率相同。

5 视在放电量的校准

确定整个试验回路的换算系数 K ，称为视在放电量的校准，换算系数 K 受回路 C_x 、 C_k 、 C_s (高压对地的杂散电容)及 Z_m 等元件参量的影响。因此，试验回路每改变一次必须进行一次校准。

5.1 校准的基本原理

视在电量校准的基本原理是：以幅值为 U_0 的方波通过串接小电容 C_0 注入试品两端，此注入的电荷量为

$$Q_0 = U_0 C_0$$

式中 U_0 ——方波电压幅值，V；

C_0 ——电容，pF；

Q_0 ——电荷量，pC。

5.2 校准方波的波形

校准方波的上升时间应使通过校准电容 C_0 的电流脉冲的持续时间比 $1/f_2$ 要短，校准方波的上升时间不应大于 $0.1\ \mu\text{s}$ ，衰减时间通常在 $100\ \mu\text{s}$ 到 $1000\ \mu\text{s}$ 范围内选取。

目前大都选用晶体管或汞湿继电器做成小型电池开关式方波发生器，作为校准电源。

5.3 直接校准

将已知电荷量 Q_0 注入试品两端称为直接校准，其目的是直接求得指示系统和以视在电量 Q 表征的试品内部放电量之间的定量关系，即求得换算系数 K 。这种校准方式是由国家标准 GB7354—87《局部放电测量》推荐的。直接法和平衡法测量回路的直接校准电路，如图 3 所示，其方法是：接好整个试验回路，将已知电荷量 $Q_0=U_0C_0$ 注入试品两端，则指示系统响应为 L' 。取下校准方波发生器，加电压试验，当试品内部放电时，指示系统响应为 L 。由此则可得换算系数 K_h 为

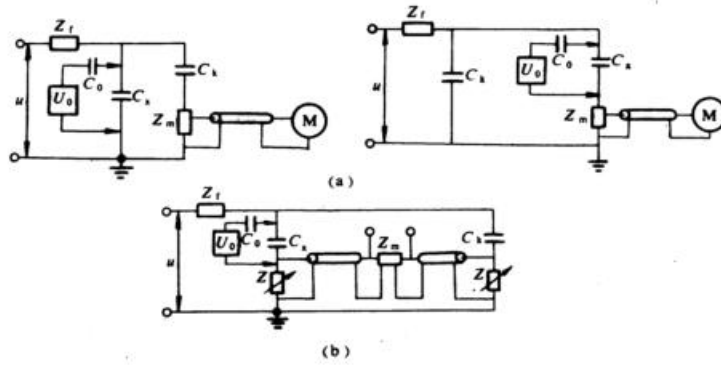


图3 直接校准的接线

(a)直接法测量的直接校准接线；(b)平衡法测量的直接校准接线

$$K_h = L/L'$$

则视在放电量 Q

$$Q = U_0 C_0 K_h$$

式中 Q ——视在放电量，pC；

U_0 ——方波电压幅值，V；

C_0 ——电容，pF；

K_h ——换算系数。

为了使校准保证有一定的精度， C_0 必须满足

$$C_0 < 0.1 \left(C_x + \frac{C_k C_m}{C_k + C_m} \right)$$

$$C_0 > 10\text{pF}$$

式中 C_m ——测量阻抗两端的等值电容。

5.4 间接校准

将已知电荷量 Q_0 注入测量阻抗 Z_m 两端称为间接校准，其目的是求得回路衰减系数 K_1 。

直接法和平衡法测量回路的间接校准电路，如图4所示。

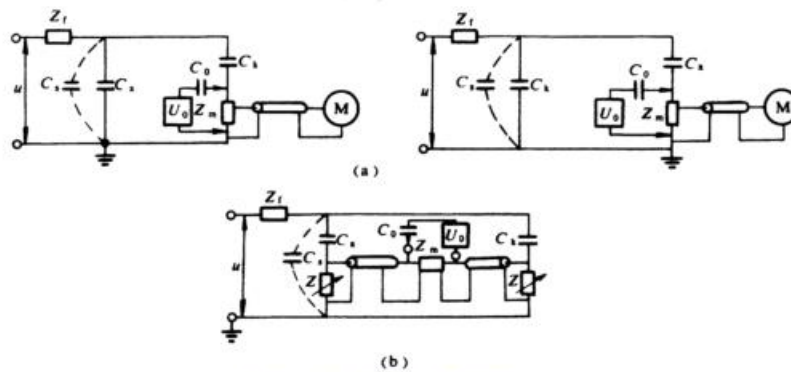


图4 间接校准的接线

(a)直接法测量的间接校准接线；(b)平衡法测量的间接校准接线

图4中的 C_s 是高压对地的总杂散电容，其值随试样和试验环境的不同而变化，是个不易

测得的不定值。因此，通常以测量的方式求得回路衰减系数 K_1 ，其方法是：接好整个试验回路，将已知电荷量 Q_0 注入测量阻抗 Z_m 两端，则指示系统响应为 β 。再以一等值的已知电荷量 Q_0 注入试品 C_x 两端，则指示系统响应为 β' 。这两个不同的响应之比即为回路衰减系数 K_1 ，即

$$K_1 = \beta/\beta' > 1^D$$

则视在放电量

$$Q = U_0 C_0 K_1$$

直接法校准时，加电压试验的校准方波发生器需脱离试验回路，不能与试品内部放电脉冲直观比较。间接法校准时，校准方波发生器可接在试验回路并能与试品内部放电脉冲进行直观比较。因此，目前国内外的许多检测仪器均设计成具有间接校准的功能。

注：1)当杂散电容 C_s 的影响可忽略时，图 4 中的 3 种接线方式的回路衰减系数为

$$K_1 = 1 + \frac{C_x}{C_k}$$

计算与实测表明，只要存有很小杂散电容 C_s ，则回路衰减系数 K_1 会产生很大的误差，因此在许多情况下杂散电容是不能忽略的。此时图 4 中的 3 种校准接线的回路衰减系数 K_{1s} 为直接法接线时， Z_m 与 C_k 串联接线

$$K_{1s} = 1 + \frac{C_x}{C_k} + \frac{C_s}{C_k}$$

直接法接线时， Z_m 与 C_k 并联接线

$$K_{1s} = 1 + \frac{C_x}{C_k + C_s}$$

平衡法接线时，若 C_k 和 C_k 与对地杂散电容 C_s 接近(以另一类同于 C_x 的设备代替 C_k 或 C_k 的几何尺寸及对地距离，均与试品 C_x 接近)，则当电桥平衡时，分布电容 C_s 对称， $K_{1s}=1$ 。

5.5 校准时的注意事项

5.5.1 校准方波发生器的输出电压 U_0 和串联电容 C_0 的值要用一定精度的仪器定期测定，如 U_0 一般可用经校核好的示波器进行测定； C_0 一般可用合适的低压电容电桥或数字式电容表测定。每次使用前应检查校准方波发生器电池是否充足电。

5.5.2 从 C_0 到 C_x 的引线应尽可能短直， C_0 与校准方波发生器之间的连线最好选用同轴电缆，以免造成校准方波的波形畸变。

5.5.3 当更换试品或改变试验回路任一参数时，必须重新校准。

6 电力设备的局部放电试验

6.1 电力设备局部放电试验前对试品的要求

- a.本试验在所有高压绝缘试验之后进行，必要时可在耐压试验前后各进行一次，以资比较。
- b.试品的表面应清洁干燥，试品在试验前不应受机械、热的作用。
- c.油浸绝缘的试品经长途运输颠簸或注油工序之后通常应静止 48h 后，能进行试验。
- d.测定回路的背景噪声水平。背景噪声水平应低于试品允许放电量的 50%，当试品允许放电量较低(如小于 10pC)时，则背景噪声水平可以允许到试品允许放电量的 100%。现场试验时，如以上条件达不到，可以允许有较大干扰，但不得影响测量读数。

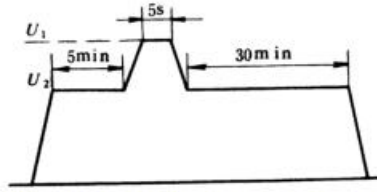


图 5 变压器局部放电试验的加压时间及步骤