



中华人民共和国国家标准

GB/T 7354—2003/IEC 60270:2000
代替 GB/T 7354—1987

局 部 放 电 测 量

Partial discharge measurements

(IEC 60270:2000, IDT)

2003-10-09 发布

2004-05-01 实施

中 华 人 民 共 和 国 发 布
国家质量监督检验检疫总局

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 定义	1
4 试验回路和测量系统	5
5 完整试验回路中的测量系统的校准	8
6 校准器	9
7 校准器和测量系统特性的检定	10
8 试验	13

10 干扰	14
11 直流电压试验中的局部放电测量	15
图	16
附录 A (规范性附录) 校准器的性能试验	20
附录 B (资料性附录) 试验回路	22

附录 C (资料性附录) 电缆、气体绝缘开关设备、电力电容器和带绕组试品的局部放电测量	23
附录 D (资料性附录) 用无线电干扰仪检测局部放电	24
附录 E (资料性附录) 局部放电参量的数字采集导则	26
附录 F (资料性附录) 局部放电的非电测量法	28
附录 G (资料性附录) 骚扰	29

前 言

本标准等同采用 IEC 60270:2000《局部放电测量》(英文版)。

本标准代替 GB/T 7354—1987《局部放电测量》。

本标准与 GB/T 7354—1987 相比主要变化如下:

——在局部放电参量中增加了脉冲重复频率 N , 局放脉冲的相角 φ_i 和发生瞬时 t_i 、平方率等;

——增加了校准器、测量系统和校准器检定等章;

——增加了“校准器的性能校核”、“局部放电数字化采集导则”以及“局部放电非电测量法”等三个附录。

除此之外,其他章节与 GB/T 7354—1987 相比也有较大的调整。

本标准中的附录 A 为规范性附录;附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会(CSBTS/TC163)归口。

本标准由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会解释。

本标准负责起草单位:西安高压电器研究所、武汉高压研究所。

本标准主要起草人:王建生、陈仓、谈克雄、伍志荣、张定国、李世成、吴长顺、种亮坤。

本标准 1987 年 10 月 1 日首次发布,本次为第一次修订。

局 部 放 电 测 量

1 范围

本标准适用于电气设备、组件和系统在频率为 400 Hz 及以下的交流电压试验或直流电压试验时产生的局部放电测量。

本标准：

- 定义了局部放电的术语；
- 定义了有关的被测参量；
- 规定了使用的试验回路和测量回路；
- 规定了通用的模拟及数字测量方法；
- 给出了校准方法及对校准仪器的要求；
- 给出了试验程序；
- 给出了区分局部放电和外界干扰的准则。

本标准条款可用于起草特定电力设备局部放电测量的技术条件。本标准主要涉及脉冲型(短持续时间)局部放电的电气测量,但也给出了主要用于局部放电定位的非电气测量方法(见附录 F)。

特定电力设备的特性诊断可由局部放电信号的数字化处理(见附录 E)以及主要用于局部放电定位的非电气测量方法(见附录 F)完成。

本标准主要阐述交流电压试验时局部放电的电气测量方法,但也提及了在直流电压试验时出现的特殊问题(见第 11 章)。

本标准术语、定义、基本试验回路和程序一般也都适用于其他频率下所进行的试验,但可能要求特殊的试验方法和测量系统特性,这些要求未在本标准中考虑。

附录 A 作为标准要求给出了对校准器性能试验的要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

法检测不到这类放电。

注2：“电晕”是局放的一种形式，它常发生在远离固体或液体绝缘的导体周围的气体介质中。“电晕”不宜被用作所有局放形式的通用术语。

注3：局放通常伴随着声、光、热和化学反应等现象，更详细的情况见附录F。

3.2

局部放电脉冲(局放脉冲) partial discharge pulse(PD Pulse)

当试品中发生局放时，用接在试验回路中适当的检测回路测得的电压或电流脉冲。“电流”或“电压”术语可以和“局放”放在一起用，表示检测量的类型。

注：试品中的一次局放产生一个电流脉冲，满足本标准规定的检测仪在其输出端将产生一个与其输入端电流脉冲电荷成正比的电流或者电压信号。

3.3

与局部放电脉冲有关的参量

3.3.1

视在电荷 q apparent charge q

局放的视在电荷等于在规定的试验回路中，如果在非常短的时间内对试品两端间注入使测量仪器上所得的读数与局放电流脉冲本身相同的电荷。视在电荷通常用皮库(pC)表示。

3.3.2

脉冲重复率 n pulse repetition rate n

在选定的时间间隔内所记录到的局放脉冲的总数与该时间间隔的比值。

注：实际上只考虑高于规定幅值或在规定幅值范围中的脉冲。

3.3.3

脉冲重复频率 N pulse repetition frequency N

就等间隔脉冲而言，脉冲重复频率 N 是每秒局放脉冲数。

注：脉冲重复频率 N 与校准时的情况有关。

3.3.4

局放脉冲的相角 φ_i 和发生瞬时 t_i phase angle φ_i and time t_i of occurrence of a PD pulse is

其关系是

$$\varphi_i = 360(t_i/T)$$

式中：

t_i ——在试验电压最近一次朝正向过零时刻与局放脉冲之间的时间间隔；

T ——试验电压的周期；

φ_i ——相位角——一般用度表示。

3.3.5

平均放电电流 I average discharge current I

导出量，等于在选定的参考时间间隔 T_{ref} 内的单个视在电荷 q_i 的绝对值的总和除以该时间间隔；

$$I = \frac{1}{T_{\text{ref}}} (|q_1| + |q_2| + \cdots + |q_i|)$$

3.3.6

放电功率 P discharge power P

导出量，等于在选定的参考时间间隔 T_{ref} 内的单个视在电荷 q_i 馈入试品两端间的平均脉冲功率；

$$P = \frac{1}{T_{\text{ref}}} (q_1 u_1 + q_2 u_2 + \cdots + q_i u_i)$$

式中:

$u_1, u_2, \dots, u_i$ 为单个视在电荷 q_i 对应的放电瞬时 t_i 的试验电压瞬时值, 必须注意每个值的符号 (+/-)。

放电功率一般用瓦特(W)表示。

3.3.7

平方率 D quadratic rate D

导出量, 等于在选定的参考时间间隔 T_{ref} 内单个视在电荷 q_i 的平方和除以该时间间隔

$$D = \frac{1}{T_{\text{ref}}} (q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_i^2)$$

平方率一般用平方库仑每秒(C^2/s)表示。

3.3.8

无线电干扰仪 radio disturbance meter

用与 CISPR 16-1 中条款一致的 B 段频率的准峰值测量仪器。

3.3.9

无线电干扰电压 U_{RDV} radio disturbance voltage U_{RDV}

导出量, 无线电干扰仪用于指示局放视在电荷 q 时的读数, 更详细的情况见 4.5.6 及附录。

3.4

重复出现的最大局放值 maximum value of the maximum value of the partial discharge

用具有 4.3.3 中规定的脉冲序列响应的测量系统所记录到的最大量值。

重复出现的最大局放值不适用于直流电压试验。

3.5

规定的局部放电值 specified partial discharge magnitude

在规定条件和试验程序下试品在规定的电压下允许的局放有关参量中的最大值。对于交流电压试验, 视在电荷 q 的规定值是重复出现的最大局放值。

注: 任何局放脉冲参量幅值可能在一系列连续周波内随机变化, 且在电压作用期间呈现出增大或减小的趋势。因此, 有关技术委员会必须对规定的局放幅值、试验程序以及试验回路和仪器作出相应的规定。

3.6

背景噪声水平 background noise

是在局放试验中检测到的不是由试品产生的信号。

注: 背景噪声包括测试系统中的白噪声、广播电波或其他连续或脉冲信号, 更详细的情况见附录 G。

3.7

性局放时的电压。

实际上,熄灭电压 U_0 是当所选的局放脉冲参量幅值等于或小于某一规定的低值时的最低施加电压。

注:对于直流电压试验, U_0 的确定需要特殊考虑,见第 11 章。

3.7.3

局部放电试验电压 partial discharge test voltage

按规定的局放试验程序施加的,并且在施加期间试品应不出现超过局放规定值的规定电压。

3.8

局部放电测量系统 partial discharge measuring system

局放测量系统包括耦合装置、传输系统和测量仪器。

3.9

测量系统的特性 measuring system characteristics

下列定义适用于 4.3 规定的测量系统。

3.9.1

传输阻抗 $Z(f)$ transfer impedance $Z(f)$

当输入是正弦电流时,输出电压幅值和一恒定输入电流幅值的比, $Z(f)$ 是频率 f 的函数。

3.9.2

下限频率 f_1 和上限频率 f_2 lower and upper limit frequencies f_1 and f_2

传输阻抗 $Z(f)$ 由通带峰值下降 6 dB 时的频率。

3.9.3

中心频率 f_m 和带宽 Δf midband frequency f_m and bandwidth Δf

$$f_m = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

而带宽定义为:

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

当局放电流脉冲的幅值频谱的上限频率小于以下值时,视在电荷测量中的误差。

- a) 宽带测量系统的上限频率;或
- b) 窄带测量系统的中心频率。见图 5。

注:如果某一特种电器有要求,有关技术委员会应规定更严格的 f_1 和 f_2 的值以减小积分误差。

3.10

数字局部放电测量仪 digital partial discharge instruments

本标准所涉及的数字局放仪器一般是用模拟测量系统或仪器测量视在电荷 q ,然后加一数字采集和处理系统。数字局放仪的数字部分用来处理模拟量信号以作进一步计算、存储相关参量和显示试验

结果。参考附录 E。

注:数字局放测量仪也可以直接由输入装置和数字模拟信号处理装置的数字采集系统组成。本标准适用于输出结果。

般,传输系统不会对回路特性产生影响,因此不予考虑。

4.3.2 耦合装置

耦合装置是测量系统和试验回路的一个主要部分,其组件是针对特定的试验回路为达到最佳的灵敏度而专门设计的。一台测量仪器只能与特定的耦合装置相配。

耦合装置通常是一个有源或无源二端口网络,它把输入电流转换成输出电压信号。这些信号由传输系统传给测量仪器。耦合装置的频率响应按输出电压与输入电流之比定义,其选择至少要有效防止试验电压及其谐波频率进入仪器。

注1:虽然单个耦合装置的频率响应可能没有意义的,但耦合装置的数值及频率特性很重要,因为耦合装置的C₀和L₀会相互影响,故是试验回路的主要部分。

注2:耦合装置与试品之间的连接宜根据实际尽量短,以减小对测量带宽的影响。

4.3.3 测量视在电荷仪器的脉冲序列响应

只要输入脉冲的幅值频谱至少在测量系统的带宽 Δf 内是恒定的(见图5),那么,测量仪器的响应

4.3.5 带有源积分器的宽带局部放电测量仪

这类仪器包括一频带特别宽的放大器,随后是一电子积分器,它由电容电阻积分回路的时间常数来表征。此积分器对局放脉冲的响应是一个随放电的电荷总量瞬时值增大而增大的电压信号。假定积分器的时间常数为 τ ,且被脉冲的持续时间 $t \ll \tau$,则信号电压幅值与电荷量成正比。实际上,在带宽的

荡或双向的局放测量系统相连,此时必须进行适当的脉冲整形以避免每个脉冲被记录多次。

4.5.3 测量平均放电电流 I 的仪器

原则上,测量放电电流脉冲平均值的仪器,在线性放大和整流后经过适当的校准可指示放电电流 I 的平均值。引起这种测量误差的原因:

- a) 放大器在低脉冲重复率 n 时饱和;
- b) 脉冲发生的间隔时间小于测量系统的脉冲分辨时间 T_r ;
- c) 低于数字采集装置阈值的低电平局放。

评估此测量时宜考虑引起这些误差的原因。平均放电电流也能用数字信号处理进行计算。

注:当脉冲重复率 n 太低,会出现饱和,此时就很难测到平均放电电流 I 。在这种情况下,可能会促使一直增大局放仪放大器的增益(也就是增大刻度因数)直至检测到电流为止。这样会导致出现放大器的动态范围不能线性响应稀少的局放脉冲的现象。为了防止这种情况,可用配备检测非线性操作的报警回路的局放仪,或者在平均电流测量期间对局放仪的输出进行可视化监测(例如示波器)。

4.5.4 测量放电功率 P 的仪器

不同类型的试验回路和模拟仪器均可用于测量放电功率。它们一般都是基于计算参量 $\sum q_i u_i$,如果示波器的 $X-Y$ 轴可以分别对 q_i 和 $u(t)$ 进行定量,则由示波器显示的面积就能确定这一参量。功率参量也可用更复杂的技术求得。这种试验回路和仪器的校准取决于施加电压及视在电荷刻度因数的确定。

放电功率也可以用数字信号处理技术进行计算。

4.5.5 测量平方率 D 的仪器

测量各个视在电荷 q_i 值平方的平均值的仪器可给出平方率 D ,此仪器的设计宜根据适合视在电荷测量的特点来进行。

平方率也可以用数字信号处理技术进行计算。

4.5.6 测量无线电干扰电压的仪器

无线电干扰仪是选频电压表。此仪器主要用来测量无线电广播信号引起的骚扰或干扰。虽然无线电干扰仪不可能直接指示本标准中所定义的任何局放参量,但是如果按第 5 章进行校准,且采用合适的

高通特性的耦合装置,就可以获得比较合理的视在电荷 q_i 的指示值。

由于仪器为准峰值测量电路,读数对放电脉冲的重复率 n 非常敏感。详细情况见附录 D。

4.6 超宽频带局部放电测量仪

也可以用非常宽频带示波器或选频仪器(例如频谱分析仪)配上合适的耦合装置来测量局放。用这

注入电流脉冲进行的。校准宜在预期值的适当范围内某一个电荷值下进行,以保证对规定局放值测量的准确度。此适当范围宜选在规定的局放值的 50%~200%之间。

由于校准器中的电容 C_0 通常为—低压电容器,因此,完整试验回路的校准是在试品不带电时进行的。而为了使校准有效,校准电容 C_0 一般应不大于 $0.1 C_s$,如果校准器满足要求,则校准脉冲就等效于放电量 $q_0 = U_0 C_0$ 的单个放电脉冲。

注: C_0 的具体参数由有关产品标准规定,但应考虑耦合电容 C_k 的影响。

在试验回路带电之前必须把 C_0 移开。如果 C_0 是高电压型的,且背景噪声水平足够低(参考第 9 章

序。对用于性能试验的校准器,建议考虑下列特性:

- a) 逐级或连续可调的电荷 q_0 ,以确定刻度因数的线性度。电荷量的变化通过改变每级电压来进行,校准器的线性度宜优于 $\pm 5\%$ 或者 $\pm 1\text{ pC}$,取两者中大的一个;
- b) 两相邻同极性脉冲间可变的时延,以单独检查测量系统的脉冲分辨时间 T_r 或者整个试验线路的脉冲分辨时间;
- c) 校准器两输出端悬浮,即自由电位输出;
- d) 对电池供电的校准器宜有电池状况指示器;
- e) 在视在电荷测量中,用双极性脉冲检测相对于局放电流脉冲极性的变化;
- f) 用放电量和重复频率 N 相等、个数已知的一系列校准脉冲校核数字局放测量仪。

7 校准器和测量系统特性的检定

性能试验和性能校核可以评价和保证测量系统的特性。

性能试验和性能校核可以评价和保证校准器的特性。

一般,校准局放参量校准器的制造厂会提供验证校准器而进行周期性检定的技术要求和导则。

不受制造厂技术要求的制约,应按以下的程序进行。校核的结果应记录在性能记录里。有关校准器试验见表2,表中“√”表示需要进行该项试验。

7.1 试验周期

测量系统和校准器的检定应作为验收试验进行。性能试验定期进行或大修后进行,最少每五年进行一次。性能校核定期进行,至少每年一次。

验收试验可包括型式试验和例行试验。此试验周期应符合 GB/T 16927.2 的一般条款。

7.2 校准器特性的检定

7.2.1 校准器的型式试验

在一系列校准器中用一个校准器来进行型式试验。型式试验应由校准器的制造厂来完成。如果制造厂没有型式试验结果,用户应安排试验来检定此仪器。

型式试验应包括性能试验所要求的所有试验项目。

7.2.2 校准器的例行试验

应对一系列校准器逐个进行例行试验。例行试验应该由校准器的制造厂来完成。如果制造厂没有例行试验结果,用户应安排试验来检定此仪器。

校准器在所有标称量程下由荷 q_0 的确定,其不确定度宜保持在其标称值的 $\pm 5\%$ 或者 ± 1 pC 内。

所有试验结果应保存在由用户设立和保管的性能记录里。

表 2 要求的校准器试验

试验类型	试验方法的规范条款	试验分类
------	-----------	------

d) 交流电压试验中,要验证视在电荷 q 的读数随校准脉冲的脉冲重复频率 N 的变化情况,变化量应该符合 4.3.3 规定的值。

7.3.2 测量系统的例行试验

在一系列测量系统中,例行试验应该逐个进行。例行试验应该由测量系统的制造厂来完成。如果制造厂没有例行试验结果,用户应安排试验来检定。

例行试验应包括性能试验所要求的所有试验项目。

7.3.3 测量系统的性能试验

测量系统的性能试验包括:

a) 确定测量系统从通带峰值下降到 20 dB 时的上、下限频率 f_2 和 f_1 ,以及此频率范围内的传输阻抗 $Z(f)$,输入量宜为可变频率的正弦电流信号。

7.3.6 性能记录

测量系统的性能记录应包括的内容:

- a) 标称特性。
 - 1) 标识(出厂编号、型号等);
 - 2) 使用条件范围;
 - 3) 参考条件范围;
 - 4) 预热时间;
 - 5) 所用测量器具范围。

- 6) 电源电压。
 - b) 型式试验结果。
 - c) 例行试验结果。
 - d) 性能试验结果。
- 每次性能试验的日期和时间。
- e) 性能校核结果。

- 1) 每次性能校核的日期和时间;
- 2) 结果:通过或失败(如果失败,记录所采取的措施)。

8 试验

本章列出对试品本身及试验电压的要求。对于特殊试验条件和试验方法的附加要求由有关技术委员会规定。此委员会宜规定所要求的最小可测量值,关于最小可测量值实际受到限制的情况将在附录 G 中给出。对于直流电压下的试验见第 11 章。技术委员会还可以推荐另外的局放参量。

注:附录 C 提供了电缆、气体绝缘开关、电力电容器和带绕组的试品的局放测量的某些导则。

8.1 一般要求

局放试验中,为了使试验结果具有可重复性,应对所有有关因素加以控制。试验前局放测量系统应按第 5 章中的规定进行校准。

8.2 试品的条件

试验之前,试品宜按有关技术委员会规定的程序进行预处理。如果没有其他规定,则

- a) 试品外绝缘的表面必须是清洁和干燥的,因为绝缘表面的污秽或受潮会产生局放;
- b) 试品试验时宜处于环境温度。

在试验之前刚刚受到过机械、热和电气的作用会影响局放的试验结果。为了保证良好的可重复性,在受作用之后至局放试验之间允许停顿一段时间,具体时间由有关产品技术委员会规定。

8.3 试验程序的选择

用于特殊试验和试品的程序由有关技术委员会负责规定。规定应包括预处理过程、试验电压水平

段时间后,放电会消失。因此,有关技术委员会宜规定合适的试验程序。

注:对于某些高压电器,重复施加接近额定短时工频耐受电压会有造成试品破坏的危险。

8.3.2 在规定的试验电压下确定局部放电值

8.3.2.1 不预加电压时的测量

规定的局部放电幅值是在规定的电压下测得的。该电压可能明显高于预期的局部放电电压。并且

11 直流电压试验中的局部放电测量

11.1 概述

对完全固体或液体浸渍绝缘的试品,直流电压试验下的局放特性与在交流电压下的试验相比有许

a) 直流电压下固体绝缘的放电脉冲重复率特别低,这是由于直流电压下每一放电点上的放电时间间隔是由绝缘的电松弛时间常数所决定的。

1) 当电压由高压发生变化会产生许多放电,尤其当试验中切换极性或可在较低电压下产生较多放

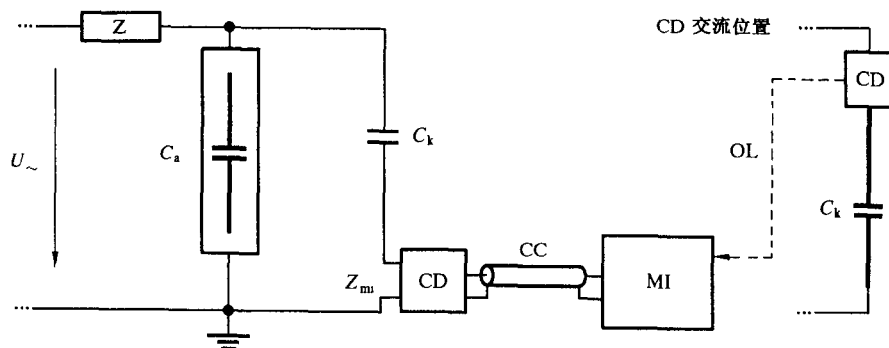


图 1a 耦合装置 CD 与耦合电容器串联

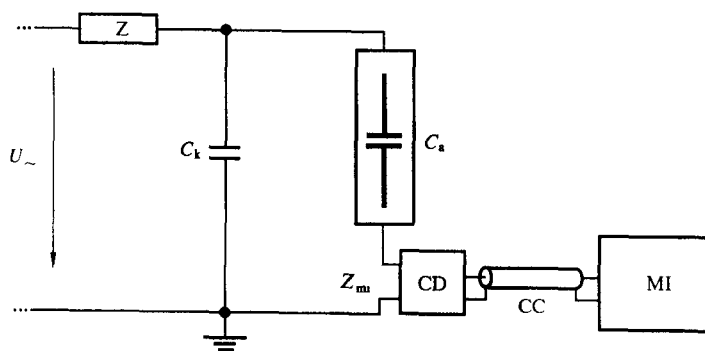


图 1b 耦合装置 CD 与试品串联

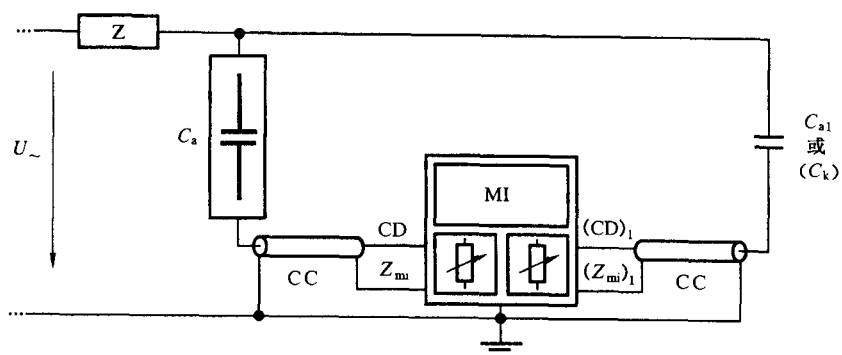


图 1c 平衡试验回路

图 1 局部放电基本试验回路

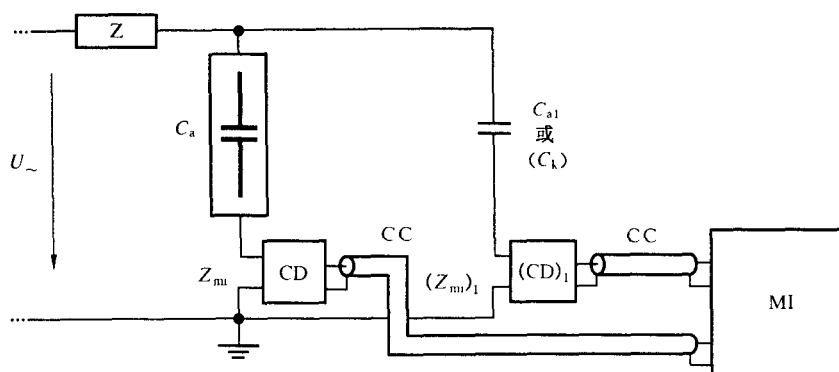
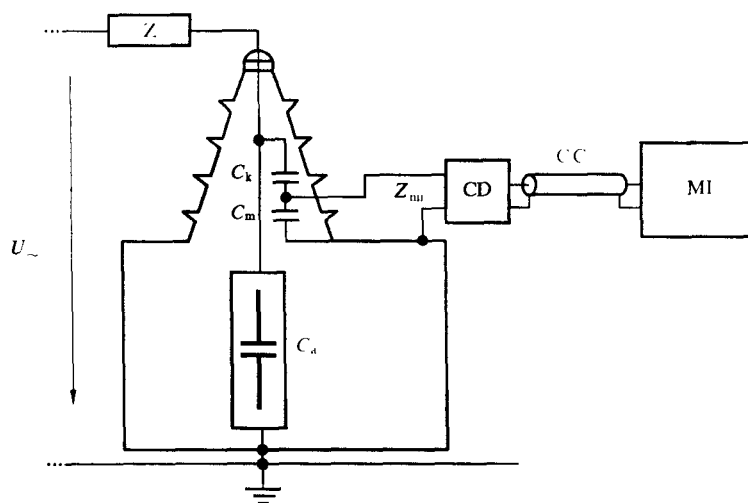


图 1d 极性辨别回路

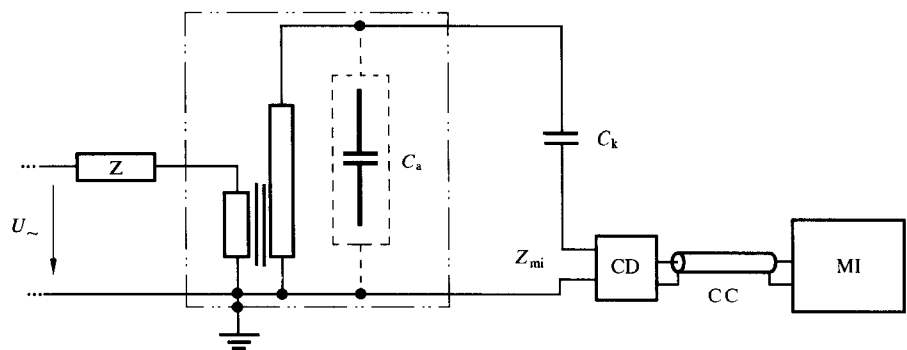
$U_{\sim}$ ——高压电源；
 CC——连接电缆；
 C_a ——试品；
 CD——耦合装置；
 Z ——滤波器；
 Z_{mi} ——测量系统的输入阻抗；
 OL——光连接；
 C_k ——耦合电容器；
 MI——测量仪器。

图 1(续)



$U_{\sim}$ ——低压或高压电源；
 CC——连接电缆；
 Z_{mi} ——测量系统的输入阻抗；
 C_k ——耦合电容器；
 C_m 与 Z_{mi} 并联的电容；
 CD——耦合装置；
 C_a ——试品；
 MI——测量仪器；
 Z ——滤波器。

图 2 在套管的抽头上测量的试验回路



$U_{\sim}$ ——低压或高压电源；
CC——连接电缆；
 Z_{mi} ——测量系统的输入阻抗；
 C_k ——耦合电容器；
CD——耦合装置；
 C_a ——试品；
MI——测量仪器；
Z——滤波器。

图 3 测量自激试品的试验回路

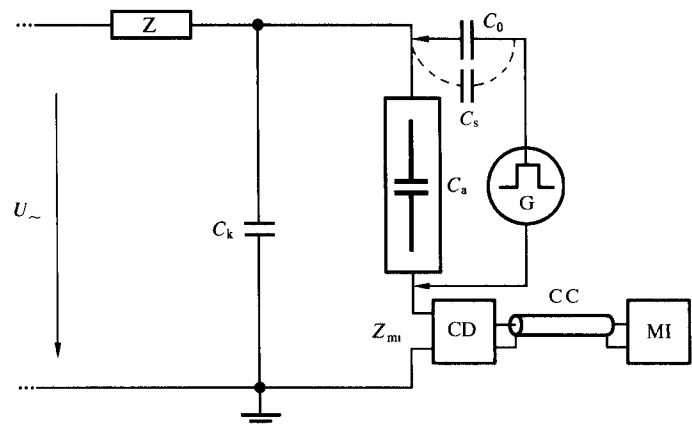


图 4a 耦合装置 CD 与耦合电容器串联

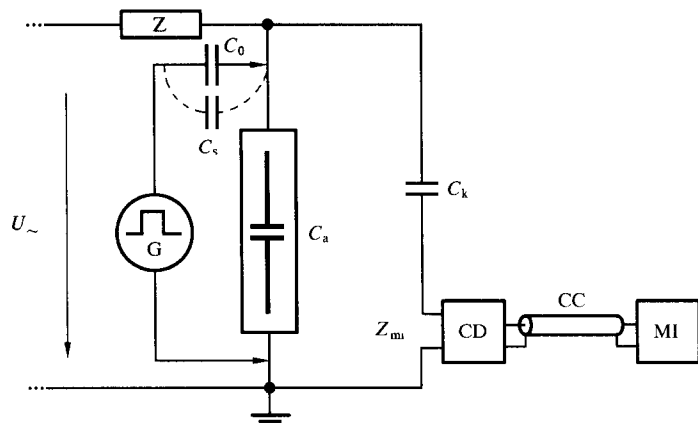


图 4b 耦合装置 CD 与试品串联

图 4 耦合装置 CD 与耦合电容器串联

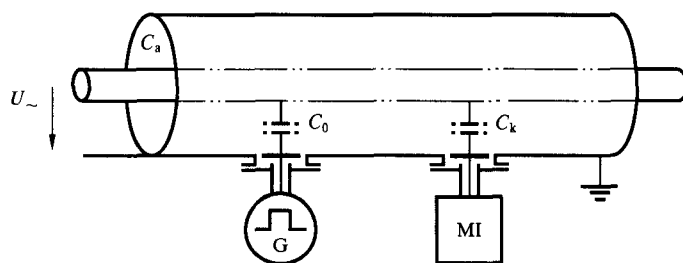
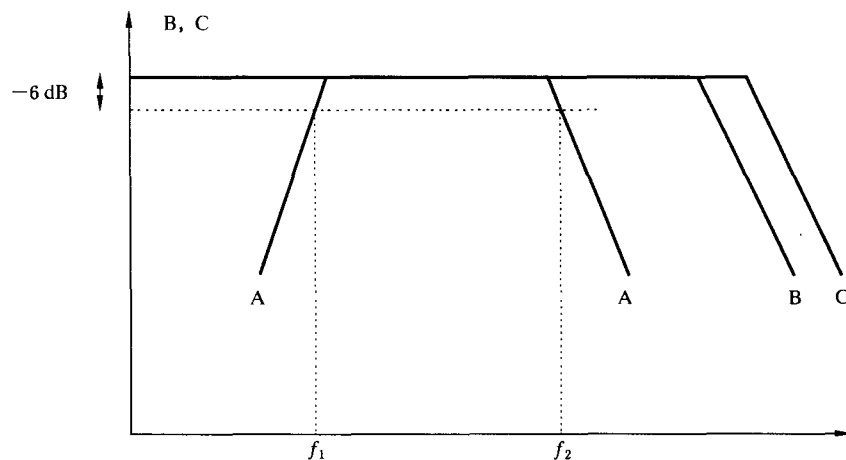


图 4c GIS 测量中的试验回路

$U_{\sim}$ ——高压电源；
 CC——连接电缆；
 Z_{mi} ——测量系统的输入阻抗；
 C_k ——耦合电容器；
 C_0 ——校准电容器；
 CD——耦合装置；
 C_a ——试品；
 MI——测量仪器；
 Z ——滤波器；
 C_s ——杂散电容；
 G ——阶跃电压发生器。

图 4(续)



A——测量系统的通带；
 B——局部放电脉冲的幅值频谱；
 C——校正脉冲的幅值频谱；
 f_1 ——下限频率；

图 5 宽带系统中为减小积分误差应具有幅频特性

附录 A
(规范性附录)
校准器的性能试验

A.1 总则

用第 6 章中所述的校准器来求取用于局放参量定量的测量系统的刻度因数 k 。由于校准器的特性可以随使用的时间而变化,宜对这些特性(上升时间 t_r ,所用电荷 q 值的准确度)进行定期校核,以及在修理后进行校核。以下是校核这种校准器的建议程序。

A.2 标准方法

校准器产生的电荷应与标准校准器产生的电荷进行比较,应用相同的测量系统对两种情况的电荷

进行测量。标准校准器应溯源到国家标准。

注:所用的测量系统可以是满足本标准中的局放测量系统或者是具有积分能力(参考图 A.1a)的数字示波器或者是电子积分仪器。

试验结果应由 10 次测量的平均值来确定。

A.3 替代方法

如图 A.1a 所示,被试校准器的输出端应跨接一个电阻 R_m ,电压 $U_m(t)$ 由已校正的具有带宽不小于 50 MHz 的数字示波器进行测量。 R_m 的值宜在 $50\ \Omega \sim 200\ \Omega$ 内选择,校准器到 R_m 及示波器的连线要短。示波器的输入阻抗可能会影响 R_m 的值。试验回路,包括测量电阻 R_m ,应达到使规定积分时间内记

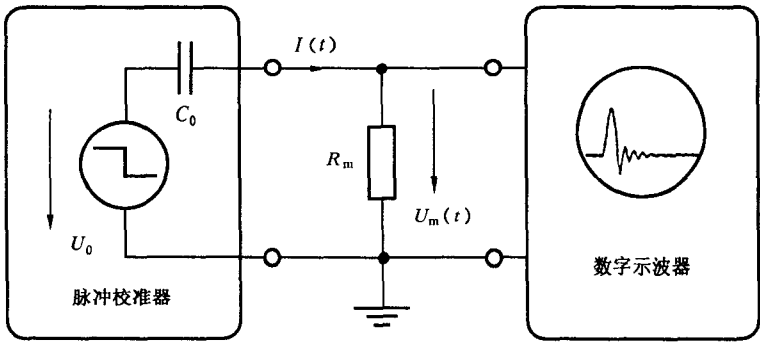


图 A. 1a 测量回路

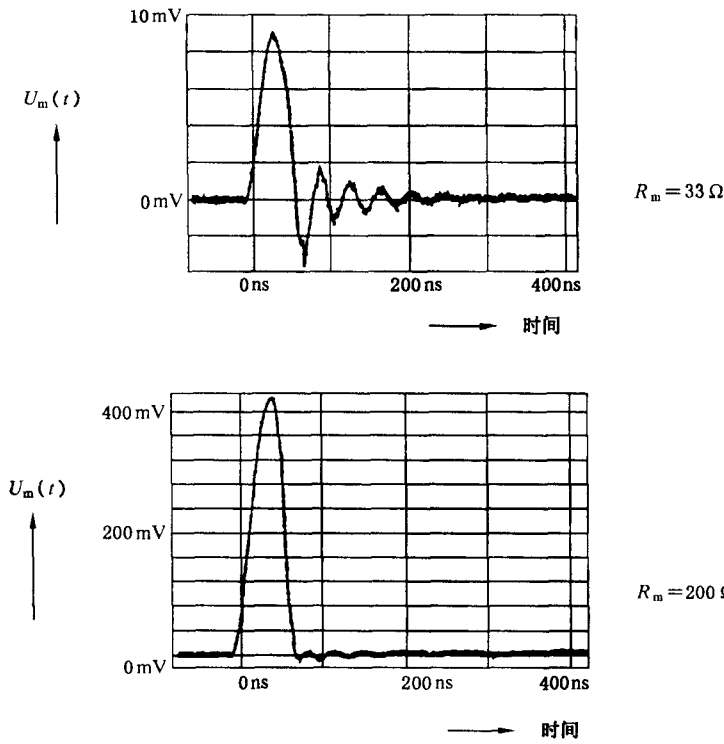


图 A. 1b 负载分别为 $R_m = 33 \Omega$ 和 $R_m = 200 \Omega$ 的典型校准器的校准脉冲 $U_m(t)$ ($q = 100 \text{ pC}$)

图 A. 1 脉冲校准器的校准

附 录 B
(资料性附录)
试验回路

除了对试品提供试验电压外,局放试验回路的主要任务是在规定的局放试验电压下提供检测试品局放的合理条件。当试验回路的组件相互适配时,局放电流脉冲的幅值和波形最有利于检测。

有四种基本回路,所有其他用于检测和测量局放的试验回路均可由它们导出。这些基本回路示于图 1a 到图 1d,简述如下。

注意,对于这些基本回路最小可测的局放值决定于 C_k/C_s (见第 9 章) 的值,并且受到骚扰的限制。

图 1a 回路中,耦合装置置于耦合电容接地端(见 4.2 条中的注)。这种接线适合只有一个接地端的

附录 C

(资料性附录)

C.1 总则

原则上,附录 B 中所说明的任何一种回路均可用于这些试品的局放测量,也就是用于具有分布电容及电感元件的试品。某些试品的试验电压可以是感应的,例如变压器就可以由低压绕组激励高压绕组(参考图 3)。

具有分布参数的试品,其中存在行波和复杂的容性及感性耦合现象,对其局放测量的详细处理超出了本标准的范围。但下面几点很重要。

C.2 衰减和畸变现象

由于行波在绕组中、或在 GIS 和电缆中的衰减和畸变,在试品端所记录的视在电荷的值有可能和局放发生点的值不同。通常,这种差别与测量系统的带通特性有关。通过在试品的远端以及耦合装置的连接端上分别注入校正脉冲,比较测量系统的响应幅值(如有可能包括波形)来估计其影响。

附录 D

(资料性附录)

用无线电干扰仪检测局部放电

IEC/CISPR 及类似组织规定的仪器是可以通用的,基于对输入量的不同处理,这些仪器经常用以在很大的频带范围内测量无线电干扰电压、电流及电场(见 CISPR16-1:1993),但本标准中的“无线电干扰仪”仅适用于专门的无线电骚扰(干扰)测量装置。它适用于频带为 150 kHz 到 30 MHz(频带 B)的测量并且满足准峰值测量接收仪的要求。

这种无线电骚扰仪对持续时间很短的电压脉冲的响应首先取决于严格规定的通带选择性,也就是由具有与中心频率 f_m 无关的带宽 Δf 的通带滤波器的特性决定的,影响该响应的因素还有:具有规定充电时间常数 τ_1 和放电时间常数 τ_2 的准峰值电路以及输出电压表。常规的输出电压表为动圈式、高

由于是恒定和纯电阻性的输入阻抗,这种仪器的特点使它们主要对持续时间极短的输入电流脉冲的电荷产生响应,在测量中其幅频响应对于中心频率 f_m 是常数。由于这种仪器是准峰值测量电路,具有相同电荷而重复率不同的脉冲在仪器上产生的读数也不同。

对于持续时间极短及规则重复的输入电流脉冲,每一个电荷为 q ,仪器的读数 U_{RDV} 由下式给出:

$$U_{RDV} = \frac{q \times \Delta f \times Z_m \times f(N)}{k_i}$$

式中:

N ——脉冲重复频率, N 不等于脉冲重复率 n ;

$f(N)$ —— N 的非线性函数(见图 D1);

Δf ——仪器带宽(C、D 处);

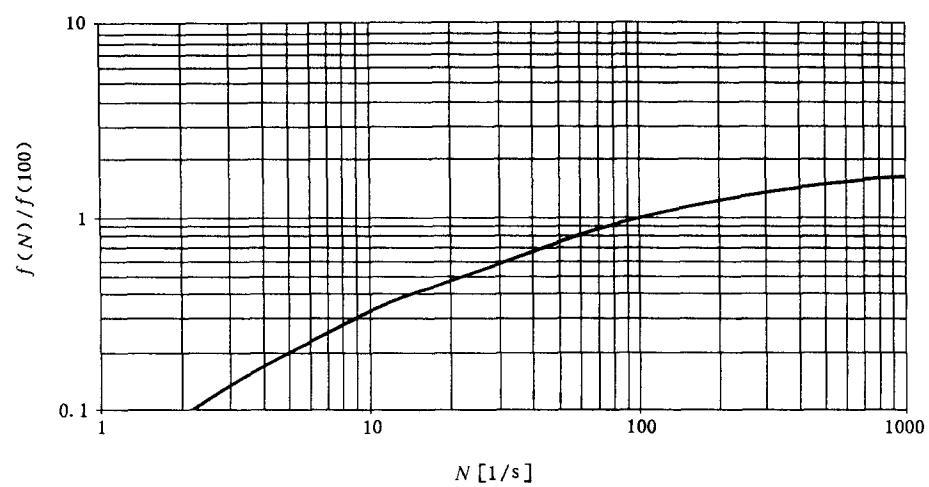


图 D.1 对恒定脉冲 C. I. S. P. R. 无线电干扰仪读数 $f(N)$ 随重复频率 N 的变化

附录 E

(资料性附录)

局部放电参量的数字采集导则

E.1 总则

局放测量中应用数字技术的主要目的是记录至少用视在电荷 q_i 定量的局放脉冲以及 t_i 时刻试验电压 u_i 的瞬时值,或者对交流电压,在试验电压周期内的相位角 ϕ_i 。但确保性和放性的质量决定了测量

这些参考量时的分辨率和准确度,本附录对适当的捕获和记录依次发生的放电作了一般的提示说明。

主要目的总结为两方面:

- a) 记录、存储及估算局放脉冲的至少一个或多个相关量;
- b) 记录的数据进行处理后可以计算及显示出其他参量及其关系(例如,在时间窗口中或在一段时间中局放活动的统计数据,采用数字技术降低骚扰水平。用绘图方法表示结果,用来深入分析试品绝缘质量的参数的计算等)。

注:数字测量系统通常配备计算机以便存储并计算局放脉冲相关量。

本标准不讨论上述第二条目的。

就局放脉冲参量的时间特性分析而言可以采用记录数据的压缩。因此,可以使用不同的数据压缩方法。然而,数字采集系统的厂商宜指出数据压缩的原则。

E.2 模拟视在电荷信号处理方法

数字局放仪的主要特征是能处理模拟视在电荷测量仪的各个响应信号,通常假定此响应信号的峰值是正比于各个局放电流脉冲的电荷 q_i 的。对于模拟测量仪器,这一峰值是由示波器或峰值电压表显示的,数字仪器必须以满意的准确度对各个峰值 q_i (若可能包括极性)、时间 t_i 或相角 ϕ_i 进行量化并储存。由于响应信号的波形主要取决于测量系统特性并与各个局放电流脉冲的波形相关,处理过程必须与响应信号波形相适应,使得它能辨别(正或负)峰值,此峰值假定是与各个局放电荷 q_i 成正比的。

为了阐明这一问题,图 E.1 中给出两个连续发生的局放的三种输出电压信号。图 E.1a 和图 E.1b 表示典型的宽带测量系统的输出信号,系统的频率特性用数字标出。图 E.1c 表示 $\Delta f \approx 10 \text{ kHz}$ 、 $f_m \approx$

量系统显示试验电压真实的相角是非常必要的。

如果数字局放仪读出的试验电压瞬时值与标准测量系统读出的试验电压瞬时值之偏差小于峰值的5%，则认为数字仪能够记录试验电压的相角。应该使用两套电压测量系统的正确刻度因数，标准测量系统应包括连接于分压器低压臂的适合的测量仪器，其中分压器应满足 GB/T 16927.2 的要求。标准测量系统相角误差宜小于 5° 。

量化试验电压，最少需要 8 位分辨率，量化采样率应至少达到工频试验电压每周期 100 次、直流试验电压每秒钟 4 000 次。因为需要周期性采样，故可用插入法决定两次采样之间特定时刻 t_i 时的试验电压值 u_i 。

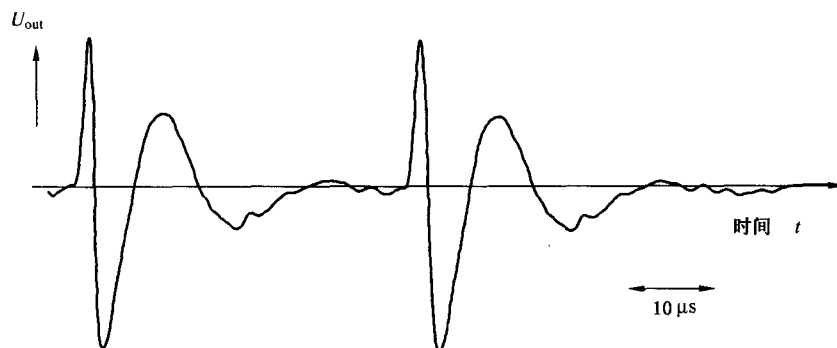
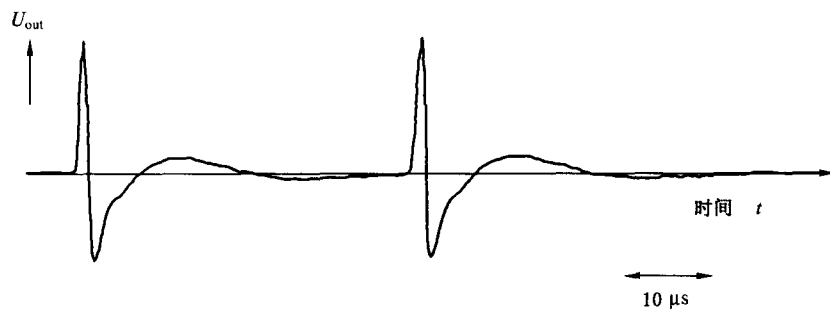
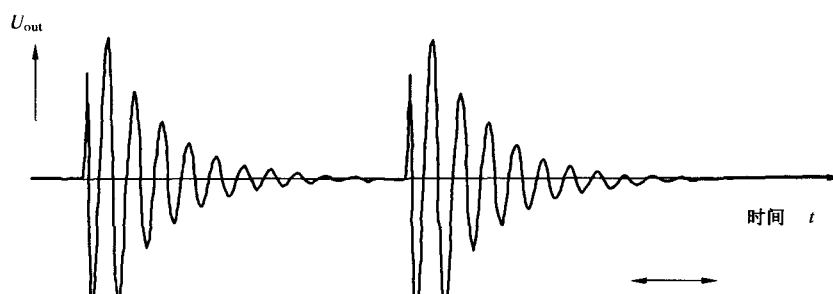


图 E1. b 带宽 $\Delta f = 45 \text{ kHz} \sim 440 \text{ kHz}$, 长时输入脉冲



附录 F

(资料性附录)

局部放电的非电测量法

F.1 总则

局放非电检测法包括声学、光学及化学的方法,并且还包括实际可行的对试品放电效应的持续观测。

这些方法一般不适用于局放的定量测量,主要用于局放的检测或定位。

F.2 声学检测

在低噪声水平的室内作声学检测可以作为检测局放的一种方法。

通常,可用麦克风或其他声音传感器经放大器和合适的显示单元对声音进行直观检测,这种方法特别适用于放电的定位。对超过可听频率范围有高灵敏度并具有方向选择性的麦克风对空气中的电晕进

附录 G

(资料性附录)

骚扰

G.1 骚扰源

局放量值的定量测量常因骚扰引起的干扰而不准确,骚扰可以分为两大类。

——试验回路工作时固有的骚扰。这种骚扰可能由其他回路的开关操作、换向电机、邻近的高

压试验、无线电发送以及测量系统本身所固有的噪声等引起。高压电源已合闸但尚处于零电压时也可能存在骚扰。

——只有当回路通电才产生的,但非试品所产生的骚扰。这种骚扰常随电压升高而增加。这种骚扰可能包括试验变压器、高压引线、套管(如果它不是试品的一部分时)中的局放等,也包括附近接地不良物体的火花放电或者由高压回路中的连接不良,例如由屏蔽罩与只作试验用的连接导线之间的火花放电。试验电压的高次谐波处于或接近测量系统的频带时也会引起骚扰。由于固态开关装置(可控硅整流器)的存在,交流电压经常出现工频谐波,并且会产生放电噪声,如通过试验变压器或者通过其他连接

G.3.3.1 时间开窗法

仪器可以带有一个门开关,它在预定时间可以断开及闭合以便让信号通过或将其阻塞。如果骚扰发生在有规律的时间间隔中,在这些间隔时间内可以让门关闭。在用交流电压作试验时,真实放电信号通常仅有规则地重复发生在试验电压各周波的某一时间间隔中,时间窗可以采用相位锁定且让门只在这一时间内打开。

G.3.3.2 极性鉴别法

对两耦合装置的输出端的脉冲极性进行比较可以区分试品所产生的局放信号和来自试验回路以外的骚扰,见图 1d。用一个逻辑系统进行比较并由它控制上述仪器的门,使它在脉冲极性正确时打开。最后仅记录试品所产生的脉冲。然而,在由 C_s 及 C_k 形成的回路中电磁感应引起的骚扰很难与局放信号区别出来,除非采用别的方法。

G.3.3.3 脉冲平均

在工业环境中,许多骚扰都是随机的,而真正的放电信号则重复发生在施加电压每一周波的相同相位

上,因此可以用信号平均技术将随机发生骚扰的相对电平大大降低。

G.3.3.4 选频

无线电广播被限定在一些离散的频带中,但如果发射频率落在宽带局放仪器的敏感频带内,则局放检测仍将受到影响。可用调谐于骚扰频率的带阻滤波器来降低仪器的放大增益以减小这种骚扰。另外一种方法是采用窄带仪器,在其调谐的频率范围内骚扰水平可以忽略。

G.4 骚扰水平

无法给出骚扰的肯定值,但是,作为一般的原则,在没有屏蔽的工业试验室有可能碰到相当于几百皮库的视在电荷量的骚扰,特别是在试验回路的结构尺寸很大的情况下。采用本附录中所述的技术可以明显地降低这种骚扰。

在有效使用本附录中介绍的降低骚扰方法的屏蔽实验室中,并且充分消除来自电源及其他电气系统的骚扰,最终的测量仅受到测量系统自身或因屏蔽、接地或滤波的微小缺陷的限制,通常可使视在电荷 q 的测量限值达到约 1 pC。