

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1616—2017

脉冲电流法局部放电测试仪校准规范

Calibration Specification for Partial Discharge Testers

Based Pulse Current Method

2017-02-28 发布

2017-05-28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

脉冲电流法局部放电测试仪 校准规范

Calibration Specification for Partial Discharge
Testers Based Pulse Current Method

JJF 1616—2017

归口单位：全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会

主要起草单位：国家高电压计量站

国网浙江省电力公司电力科学研究院

参加起草单位：国网江苏省电力公司电力科学研究院

广西电网有限责任公司电力科学研究院

国网天津市电力公司电力科学研究院

国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司

本规范委托全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

雷 民（国家高电压计量站）

詹洪炎（国网浙江省电力公司电力科学研究院）

张 军（国家高电压计量站）

参加起草人：

周志成（国网江苏省电力公司电力科学研究院）

尹立群（广西电网有限责任公司电力科学研究院）

孙 哲（国网天津市电力公司电力科学研究院）

刘 诣（国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司）



目 录

引言	(Ⅲ)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 脉冲电流法局部放电测试仪	(1)
3.2 局部放电测试仪的脉冲响应	(1)
3.3 校准脉冲发生器	(1)
3.4 视在电荷量	(1)
3.5 脉冲分辨时间	(1)
3.6 脉冲重复率	(1)
3.7 测量灵敏度	(1)
3.8 下限频率 f_1 和上限频率 f_2	(2)
3.9 双脉冲发生器	(2)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 上下限截止频率	(3)
5.2 视在电荷量幅值	(3)
5.3 换挡脉冲响应增益值	(3)
5.4 正负脉冲响应不对称性	(3)
5.5 低重复率脉冲响应	(3)
5.6 脉冲分辨时间	(3)
5.7 测量灵敏度	(3)
5.8 脉冲重复率	(3)
5.9 脉冲个数	(3)
5.10 脉冲采集能力	(3)
5.11 校准脉冲发生器	(3)
5.12 安全性能	(4)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 测量标准及其他设备	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准方法	(5)
8 校准结果表达	(9)
8.1 校准证书	(9)

8.2 不确定度评定	(9)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 截止频率和视在电荷量幅值测量不确定度评定示例	(10)
附录 B 校准原始记录格式	(13)
附录 C 校准证书内页格式	(16)



引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》编制而成。

本规范为首次发布。



脉冲电流法局部放电测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于脉冲电流法、测量频率范围在 10 kHz~500 kHz 之间的局部放电测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 7354—2003 局部放电测量

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

GB/T 7354—2003 界定的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1 脉冲电流法局部放电测试仪 pulse current method based partial discharge tester
通过采集脉冲电流信号实现电气设备局部放电测量的专用仪器。

3.2 局部放电测试仪的脉冲响应 pulse response of partial discharge tester
局部放电测试仪的测量回路注入校准脉冲信号时，其对应的脉冲输出显示。

3.3 校准脉冲发生器 calibrated pulse generator

由电压幅值为 U_0 的脉冲电压发生器和注入电容 C_0 配合组成，能产生已知电荷量 q_0 的脉冲电流发生器。

3.4 视在电荷量 apparent charge [GB/T 7354—2003，定义 3.3.1]

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。

3.5 脉冲分辨时间 pulse resolution time

[GB/T 7354—2003，定义 3.9.5]

两个持续时间极短、波形和极性相同、电荷量相等的相继输入脉冲之间的最短时间间隔，在这一时间间隔中脉冲响应幅值的变化不大于单个脉冲幅值的 10%。

脉冲分辨时间一般与测量系统的带宽 Δf 成反比，也是测量系统分辨连续局放现象能力的表征。

3.6 脉冲重复率 pulse repetition rate

[GB/T 7354—2003，定义 3.3.2]

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。

3.7 测量灵敏度 detectable sensitivity

局放仪在接有试品、耦合电容及测量阻抗的情况下，以一定的信噪比（通常取信噪比 $s/n=2$ ）所能检测到的除去外界干扰的最小视在电荷量。

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

[GB/T 7354—2003，定义 3.9.2]

传输阻抗 $Z(f)$ 由通带峰值下降 6 dB 时的频率。

3.9 双脉冲发生器 double pulse generator

可产生并注入局放仪两个相同的响应脉冲，它们之间的时延 Δt 是可以调节的，调节时延 Δt 可观察两脉冲的交叠状况。

4 概述

脉冲电流法局部放电测试仪（以下简称局放仪）由带通放大器、输入衰减器、信号处理器、输出显示器等组成，测量频率范围为 10 kHz~500 kHz。实际测量时，确定局放试验回路后，由校准脉冲发生器对试验回路输出设定的电荷量，并完成对局放仪在该试验回路信号传输比的校准；校准后，局放仪即可对被试电气设备进行局部放电测量。在校准中，局放仪、检测阻抗、校准脉冲发生器需配套使用，并按规定的试验回路进行，同时符合现场实际使用要求。

根据工作原理不同，局放仪可分为两类：模拟型局放仪和数字型局放仪。

模拟型局放仪工作原理：当测量阻抗将局放脉冲信号输送至局放仪后，通过带通放大器、输入衰减器、信号处理器送入波形显示器和数字表或指针表显示局放值。工作原理如图 1 所示。

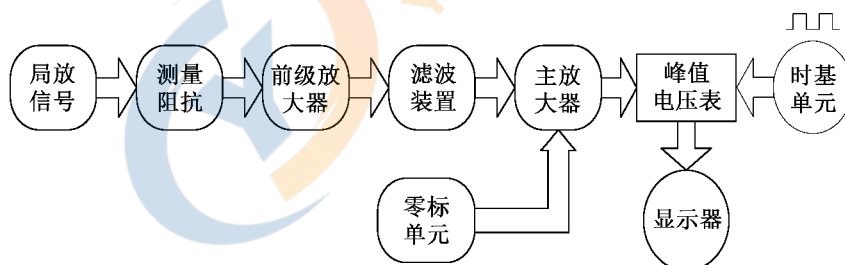


图 1 模拟型局放仪工作原理框图

数字型局放仪工作原理：当测量阻抗将局放脉冲信号送入局放仪后，放大器将信号放大，并将模拟信号转化为数字信号送入信号处理器，处理后将局放数据传输给显示系统。工作原理如图 2 所示。

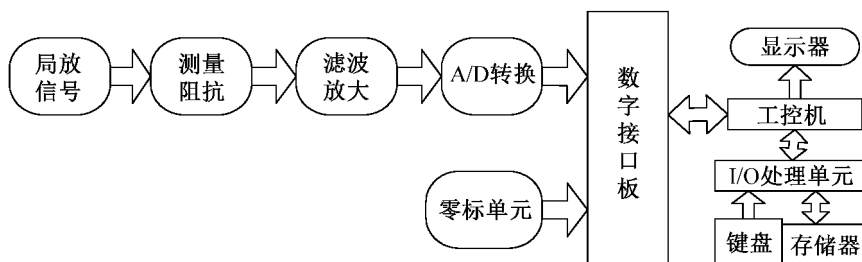


图 2 数字型局放仪工作原理框图

5 计量特性

5.1 上下限截止频率

测量频率范围：10 kHz~500 kHz；

上下限截止频率误差一般不超过 $\pm 10\%$ 。

5.2 视在电荷量幅值

模拟式局放仪在全部量程内的视在电荷量幅值误差一般不超过 $\pm 10\%$ ；

数字式局放仪在全部量程内的视在电荷量幅值误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

5.3 换挡脉冲响应增益值

模拟式局放仪量程开关换挡时脉冲响应增益值与增益标称值的误差一般不超过 $\pm 10\%$ 。

数字式局放仪量程开关换挡时脉冲响应增益值与增益标称值的误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

5.4 正负脉冲响应不对称性

模拟式局放仪测量幅值相等、极性相反的两个脉冲，正负脉冲响应不对称性误差一般不超过 $\pm 10\%$ 。

数字式局放仪测量幅值相等、极性相反的两个脉冲，正负脉冲响应不对称性误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

5.5 低重复率脉冲响应

模拟式局放仪在脉冲重复率从 1 000 次/秒减少到 50 次/秒时的脉冲响应误差一般不超过 $\pm 10\%$ 。

数字式局放仪在脉冲重复率从 1 000 次/秒减少到 50 次/秒时的脉冲响应误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

5.6 脉冲分辨时间

脉冲分辨时间一般不超过 100 μs 。

5.7 测量灵敏度

灵敏度在 2 倍初始值（不超过 1 pC）激励信号下，测量值与标准值之比值应不小于 1。

5.8 脉冲重复率

局放仪的脉冲重复率最大允许误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

注：有此测量功能需进行校准。

5.9 脉冲个数

最大允许误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

注：有此测量功能需进行校准。

5.10 脉冲采集能力

局放仪脉冲采集能力应在 50 Hz 下进行验证，最大允许误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

注：有此测量功能需进行校准。

5.11 校准脉冲发生器

按 GB/T 7354—2003 规定的指标要求。

注：以上条款不作为合格性判断依据，仅供参考。

5.12 安全性能

5.12.1 绝缘电阻

电源回路与仪器接地极间的绝缘电阻应不小于 20 MΩ。

5.12.2 介电强度

电源回路与仪器接地极间应能耐受 2.0 kV 工频电压 1 min，无飞弧和击穿现象。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境条件应满足以下要求：

- a) 环境温度：20 ℃±5 ℃；
- b) 相对湿度：30%~80%；
- c) 电源电压：220 V±22 V；
- d) 电源频率：50 Hz±0.5 Hz；
- e) 周围无影响校准仪正常工作的强电磁场。

6.2 测量标准及其他设备

校准用测量标准和辅助设备见表 1。

表 1 测量标准和辅助设备

序号	设备名称	性能指标
1	脉冲信号发生器	波形上升时间不超过 60 ns；校准脉冲电荷量及正负脉冲最大允许误差不超过被校局放仪最大允许误差的 1/3；电压幅值 0 V~100 V、电容值 10 pF~5 000 pF 可调
2	标准电容箱	
3	双脉冲发生器	双校准脉冲时延可调节范围 1 μs~250 μs；单双脉冲频率可调范围 1 Hz、2 Hz、5 Hz、10 Hz、50 Hz~3 000 Hz；具有脉冲计数功能
4	数字示波器	模拟带宽≥100 MHz；采样速率≥500 MS/s，具备积分测量功能
5	正弦波信号发生器	频率范围 25 Hz~1 MHz；失真度不超过±2%；频率示值误差不劣于±1%
6	绝缘电阻表	测量电压 500 V，准确度等级不劣于 10 级
7	耐电压测试仪	输出电压≥2 000 V，准确度等级不劣于 5 级

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目如表 2 所示。

表 2 校准项目

序号	校准项目	校准方法
1	上下限截止频率	7.2.1
2	视在电荷量幅	7.2.2
3	换挡脉冲响应增益值	7.2.3
4	正负脉冲响应不对称性	7.2.4
5	低重复率脉冲响应	7.2.5
6	测量灵敏度	7.2.6
7	脉冲分辨时间	7.2.7
8	脉冲重复率	7.2.8
9	脉冲个数测量	7.2.9
10	脉冲采集能力	7.2.10
11	校准脉冲发生器	7.2.11
12	安全性能	7.2.12

7.2 校准方法

7.2.1 上下限截止频率

校准接线如图 3。将正弦信号发生器输出信号幅值调至局放仪 70%~90% 显示高度并维持不变，找出被校准局放仪的中心频率 f_c ，以此为基准频率。调整频率为 f_c 的正弦波幅值，记录局放仪的显示读数，并以此作为归一化的基准。

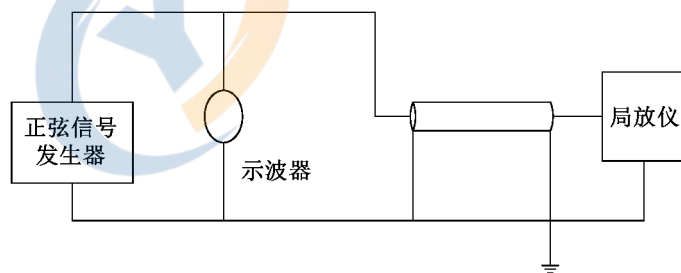


图 3 频率校准接线图

降低正弦波信号的频率，并保证其电压幅值不变，找出被校局放仪归一化输出降到 0.5 时的频率点（对宽带仪器为 -6 dB 点），此点即为实测的下限截止频率 f ；再升高正弦波信号的频率，同法找出实测的上限截止频率，上、下限截止频率误差按式（1）计算：

$$\gamma_f = \frac{(f - f_B)}{f} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

γ_f ——上、下限截止频率误差；

f ——被校仪器实测截止频率；

f_B ——被校仪器标称截止频率。

对多频带局放仪的每一截止频率点都应进行校准。

7.2.2 视在电荷量幅值测量

校准接线如图 4。将被校局放仪量程开关置于待测挡，改变校准脉冲发生器输出电压幅值 U 和标准电容值，使被校准局放仪的读数升到满度值，并以此作为局放基准。降压时记录 80%、60%、40%、20% 时局放仪的显示值。局放仪每挡均应进行校准，幅值测量误差按式 (2) 计算：

$$\gamma_x = \frac{k_x - k_N}{k_x} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

γ_x ——幅值测量误差；

k_N ——标准刻度因数；

k_x ——被校局放仪的读数。

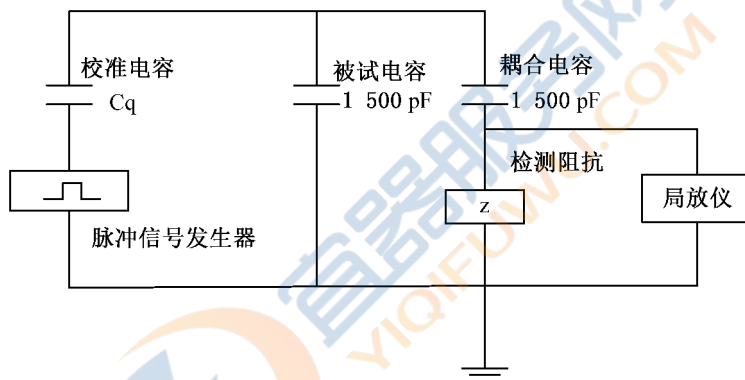


图 4 视在电荷量幅值校准接线图

7.2.3 换挡脉冲响应增益值误差

校准接线图如图 4，改变校准脉冲发生器输出电压幅值，使被校准局放仪的读数在满度值，记下此时被校准局放仪的读数 D_{hi} 。将量程开关向灵敏度较低方向变换一档，待局放仪显示完全稳定后，记下此时的读数 D_{li} ，量程换挡误差按式 (3) 计算：

$$\gamma_r = \frac{(D_{li} - D_{hi})}{D_{hi}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

γ_r ——换挡脉冲响应增益值误差；

D_{hi} ——当前量程挡的脉冲响应增益满度幅值；

D_{li} ——切换量程挡后的脉冲响应增益幅值。

7.2.4 正负脉冲响应不对称性

校准接线图如图 4。将局放仪放大器置于最宽频带，让校准脉冲发生器输出正（负）脉冲，使被校准局放仪的读数在满度值附近，记下此时读数 D_+ 。改变校准脉冲发生器输出负（正）脉冲并保持输出电压幅值与正脉冲时相同，记下此时读数 D_- 。正负脉冲响应不对称误差按式 (4) 计算：

$$\gamma_s = \frac{2(D_+ - D_-)}{(D_+ + D_-)} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

γ_s ——正负脉冲响应不对称性误差；

D_+ ——正脉冲响应时的幅值；

D_- ——负脉冲响应时的幅值。

7.2.5 低重复率脉冲响应

校准接线如图 4。将局放仪放大器置于最宽频带，量程开关置于合适挡，用双脉冲信号发生器注入单脉冲 1 000 Hz 的信号，调整局放仪幅值调节器使幅值在 100%，记录此时的幅值 D_{1k} 。调整双脉冲信号发生器，将频率变为 50 Hz，记录此时的幅值 D_{50} ，低重复率脉冲响应误差按式 (5) 计算：

$$\gamma_D = \frac{(D_{1k} - D_{50})}{D_{1k}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

γ_D ——被校局放仪低重复率脉冲响应误差；

D_{1k} ——被校局放仪在 1 000 Hz 下的值；

D_{50} ——被校局放仪在 50 Hz 下的值。

7.2.6 测量灵敏度

接线如图 4。被校准局放仪量程开关置于最高灵敏度挡，细调挡置于增益最高位置，放大器频带置于最宽频带。改变校准脉冲发生器输出电压幅值，使被校准局放仪输出显示的脉冲高度为基线噪声的两倍。记下此时校准脉冲发生器的输出电压幅值 U_q 及校准电容值 C_q 。测量灵敏度 S_q 按式 (6) 计算：

$$S_q = U_q \times C_q \quad (6)$$

式中：

S_q ——被校局放仪灵敏度；

U_q ——校准脉冲发生器的输出电压幅值；

C_q ——校准电容。

7.2.7 脉冲分辨时间

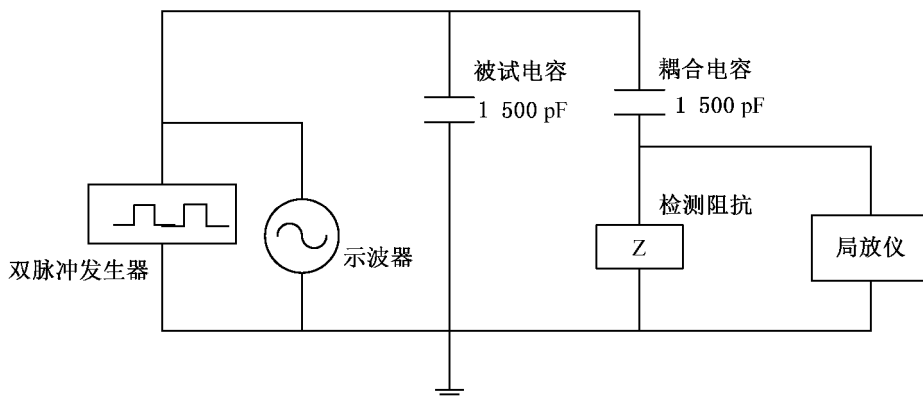


图 5 脉冲分辨时间的误差校准接线图

校准接线如图 5。将局放仪放大器置于最宽频带，量程开关置于合适挡。双脉冲发生器脉冲时间间隔 Δt 置于 $200\ \mu\text{s}$ ，保持双脉冲发生器输出电压幅值不变，调节局放仪的增益，使读数在满度值的 70%，记下此时读数 D 。保持双脉冲发生器输出电压幅值不变，减小 Δt 寻找被校准局放仪的读数变为 $D(1\pm 10)\%$ 的点，此时的 Δt 即为被校准局放仪的脉冲分辨时间。

7.2.8 脉冲重复率

校准接线如图 5。调节单脉冲发生器的脉冲重复率 n_b 为 100，调节被校准局放仪的增益，使幅值在满度值附近，记下此时被校准局放仪脉冲重复率读数 n_x 。脉冲重复率的测量误差按式 (7) 计算：

$$\delta_n = \frac{n_x - n_b}{n_b} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

δ_n ——局放仪脉冲重复率误差；

n_x ——局放仪重复率的读数；

n_b ——实际的重复率。

7.2.9 脉冲个数测量

校准接线如图 5。改变脉冲发生器输出脉冲频率从 100 Hz 至被校准局放仪分辨时间限制的最高频率，记录每次脉冲发生器输出脉冲频率 n_0 对应下的脉冲重复频率读数 n_x ；或在每个 n_0 下，设定双脉冲发生器计数表头计数值为 N_b ，启动脉冲发生器计数功能，记录被校准局放仪在计数完毕后的读数 N_x 。脉冲个数测量误差按式 (8) 或式 (9) 计算：

$$\gamma_N = \frac{N_x - N_b}{N_b} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

γ_N ——被校局放仪脉冲个数测量误差；

N_x ——被校局放仪脉冲个数读数；

N_b ——脉冲发生器脉冲个数设定值。

或：

$$\gamma_N = \frac{n_x - n_0}{n_0} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

γ_N ——被校局放仪脉冲个数测量误差；

n_x ——被校局放仪脉冲频率读数；

n_0 ——脉冲发生器输出脉冲频率值。

7.2.10 脉冲采集能力

校准接线如图 4。固定脉冲重复率为 50，设定双脉冲发生器计数表头计数值为 N_b ，将计数/不计数选择开关从中间停止位置拨至计数位置，记录被校准局放仪在计数完毕后的读数 N_x 。采集能力校准误差按式 (8) 计算。

7.2.11 校准脉冲发生器

按 GB/T 7354—2003 中 7.2.3 和 GB/T 7354—2003 附录 A.2 规定的方法进行校准。

7.2.12 安全性能

7.2.12.1 绝缘电阻

用测量电压为 500 V 的绝缘电阻表, 测量局放仪电源输入端对机壳的绝缘电阻, 测量结果应大于 20 M Ω 。

7.2.12.2 介电强度试验

在局放仪的电源输入端与外壳之间施加工频电压 2.0 kV, 历时 1 min, 应无击穿或闪络现象。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书(报告)上反应, 校准证书(报告)应至少包括以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 B, 校准证书(报告)内页格式见附录 C。

8.2 不确定度评定

不确定度评定过程中, 测量重复性取 10 次的算术平均值。

不确定度评定示例见附录 A。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

截止频率和视在电荷量幅值测量不确定度评定示例

A.1 截止频率测量不确定度评定

依据 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》中规定的方法，对截止频率误差进行测量结果的不确定度评定。

A.1.1 测量模型

$$\gamma_f = \frac{(f - f_B)}{f_B} \times 100\%$$

式中：

γ_f ——截止频率误差；

f ——被校仪器实测截止频率，kHz；

f_B ——被校仪器标称截止频率，kHz。

A.1.2 测量不确定度主要来源

截止频率误差的主要不确定度来源有：

a) 由测量重复性引入的不确定度分量 u_{f_1} ；

b) 由标准正弦信号发生器频率输出误差引入的不确定度分量 u_{f_2} 。

A.1.3 各分量的不确定度评定

A.1.3.1 由测量重复性引入的不确定度分量

重复性引入的测量不确定度分量用测量结果的实验标准差表示，假设为 1.0 kHz，则

$$u_{f_1} = \frac{s(f_i)}{\sqrt{n}} = 1.0 \text{ kHz}$$

式中：

$s(f_i)$ ——多次测量结果的实验标准差；

n ——重复测量次数， $n=10$ 。

A.1.3.2 由标准正弦信号发生器频率输出误差引入的不确定度分量

标准正弦信号发生器应经过校准，假设其按包含因子 $k=2$ 给出的扩展不确定度为 $U(f_2)=0.001 \text{ kHz}$ ，则由标准正弦信号发生器引入的测量不确定度分量为：

$$u_{f_2} = \frac{U(f_2)}{k} = \frac{0.001 \text{ kHz}}{2} = 0.0005 \text{ kHz}$$

A.1.4 合成标准不确定度

各个测量不确定度分量独立不相关，则被校局部放电测试仪截止频率的合成标准不确定度 $u_c(f)$ 为：

$$u_c(f) = \sqrt{u_{f_1}^2 + u_{f_2}^2} \approx 1.0 \text{ kHz}$$

假设被校局部放电测试仪上限截止频率标称值为 200 kHz，则用相对值表示的合成标准不确定度 $u_c(\gamma_f)$ 为：

$$u_c(\gamma_f) = \frac{1.0 \text{ kHz}}{200 \text{ kHz}} \times 100\% = 0.5\%$$

A.1.5 扩展不确定度

被校准局部放电测试仪在上限截止频率校准的扩展不确定度 $U(\gamma_f)$ 为：

$$U(\gamma_f) = k \times u_c(\gamma_f)$$

式中：

k ——包含因子。

假设 $k = 2$ ，则被校准局部放电测试仪上限截止频率校准的扩展不确定度 $U(\gamma_f)$ 为：

$$U(\gamma_f) = 2 \times 0.5\% = 1.0\%$$

A.2 视在电荷量幅值测量不确定度评定

依据 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》中规定的方法，对视在电荷量幅值误差进行测量结果的不确定度评定。

A.2.1 测量模型

$$\gamma_x = \frac{k_x - k_N}{k_N} \times 100\%$$

式中：

γ_x ——视在电荷量幅值测量误差；

k_N ——标准刻度因数；

k_x ——被校局放仪的读数值。

A.2.2 测量不确定度主要来源

视在电荷量幅值测量误差的主要不确定度来源有：

- 由测量重复性引入的不确定度分量 $u(\gamma_{k_1})$ ；
- 由校准脉冲发生器视在电荷量幅值误差引入的不确定度分量 $u(\gamma_{k_2})$ ；
- 由被校局部放电测试仪视在电荷量幅值测量误差引入的不确定度分量 $u(\gamma_{k_3})$ 。

A.2.3 各分量的不确定度评定

A.2.3.1 由测量重复性引入的不确定度分量

重复性引入的测量不确定度分量用测量结果的实验标准差表示，假设为 0.2%，则

$$u(\gamma_{k_1}) = \frac{s(k_i)}{\sqrt{n}} = 0.2\%$$

式中：

$s(k_i)$ ——多次测量结果的实验标准差；

n ——重复测量次数， $n \geq 6$ 。

A.2.3.2 由校准脉冲发生器视在电荷量幅值误差引入的不确定度分量

校准脉冲发生器应经过校准，假设其按包含因子 $k = 2$ 给出的视在电荷量幅值误差扩展不确定度为 $U(k_2) = 1.0\%$ ，则由校准脉冲发生器视在电荷量幅值误差引入的测量不确定度分量为：

$$u(\gamma_{k_2}) = \frac{U(k_2)}{k} = \frac{1.0\%}{2} = 0.5\%$$

A.2.3.3 由被校局部放电测试仪测量分辨力引入的不确定度分量

假设被校局部放电测试仪示值在 (0~100) pC 分辨力为 0.1 pC, 则 100 pC 点的不确定度区间半宽为 0.05 pC, 服从均匀分布, 则由测量分辨力引入的测量不确定度分量为:

$$u(\gamma_{k_3}) = \frac{U(k_3)}{\sqrt{3}} = \frac{5.0\%}{\sqrt{3}} = 2.89\%$$

A.2.4 合成标准不确定度

各个测量不确定度分量独立不相关, 则被校局部放电测试仪视在电荷量幅值测量误差的合成标准不确定度 $u_c(\gamma_k)$ 为:

$$u_c(\gamma_k) = \sqrt{u(\gamma_{k_1})^2 + u(\gamma_{k_2})^2 + u(\gamma_{k_3})^2} \approx 2.94\%$$

A.2.5 扩展不确定度

被校准局部放电测试仪视在电荷量幅值测量误差校准的扩展不确定度 $U(\gamma_k)$ 为:

$$U(\gamma_k) = k \times u_c(\gamma_k)$$

式中:

k ——包含因子。

假设 $k=2$, 则被校准局部放电测试仪视在电荷量幅值测量误差校准的扩展不确定度 $U(\gamma_k)$ 为:

$$U(\gamma_k) = 2 \times 2.94\% = 5.9\%$$

附录 B

校准原始记录格式

脉冲电流法局放测试仪原始记录格式

证书编号：

送检单位					证书编号	
器具名称				型号规格		
出厂编号		出厂日期		准 确 度		
制 造 厂						
校准日期		审 核 员		校 准 员		
校准时使用的计量标准器具						
名称	型号	测量范围	准确度等级/不 确定度/最大允 许误差	出厂编号	证书编号	证书 有效期至
校准依据						
校准地点				校准日期		
温度/℃				相对湿度 %		
校准结论及说明： 建议下次校准时间为：××××年××月××日之前						

一、上下限截止频率

频率范围	中心频率	上限截止频率	下限截止频率
测量不确定度：			

二、视在电荷量幅值

挡位	视在电荷量百分数/%					视在电荷量
	20	40	60	80	100	
测量不确定度：						

三、换挡脉冲响应增益值

换挡	换挡前值	换挡后值	换挡误差
转			
转			
转			
转			
转			
测量不确定度：			

四、正负脉冲响应不对称性

$$D_{PD(-)} =$$

$$D_{PD(+)} =$$

测量不确定度：

五、低重复频率脉冲响应

$$D_{1k} =$$

$$D_{50} =$$

测量不确定度：

六、测量灵敏度

$$S_q =$$

七、脉冲分辨时间

$$\Delta t =$$

八、脉冲重复率

$$\delta_n =$$

九、脉冲个数测量

$$N =$$

十、采集能力

$$N =$$

十一、校准脉冲发生器

No.	电荷标称值/pC				
	电荷实际值/pC				
	上升时间 t_r /ns				
	脉冲重复率 n /Hz				
	电荷量不确定度				

十二、绝缘电阻

十三、介电强度

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 ××××××—××××

校准机构授权说明：				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准 证书编号	证书有效期至
				

注：

1. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第×页 共×页

证书编号 ××××××—××××

校准结果

一、上下限截止频率

频率范围	中心频率	上限截止频率	下限截止频率
测量不确定度：			

二、视在电荷量幅值

挡位	视在电荷量百分数/%					视在电荷量
	20	40	60	80	100	
测量不确定度：						

三、换挡脉冲响应增益值

换挡	换挡前值	换挡后值	换挡误差
转			
转			
转			
转			
转			
测量不确定度：			

四、正负脉冲响应不对称性

 $D_{PD(-)} =$ $D_{PD(+)} =$

测量不确定度：

五、低重复频率脉冲响应

 $D_{1k} =$ $D_{50} =$

测量不确定度：

六、测量灵敏度

 $S_q =$

(续)

七、脉冲分辨时间

 $\Delta t =$

八、脉冲重复率

 $\delta_n =$

九、脉冲个数测量

 $N =$

十、采集能力

 $N =$

十一、校准脉冲发生器

No.	电荷标称值/pC				
	上升时间 t_r /ns				
	电荷实际值/pC				
	脉冲重复率 n /Hz				
	电荷量不确定度				

十二、绝缘电阻

十三、介电强度

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1—2012 的要求。

敬告：

1. 被校准仪器修理后，应立即进行校准。
2. 在使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。

校准员：

核验员：

第×页 共×页