



江苏省地方计量技术规范

JJF（苏）283—2024

暂态地电压法局部放电检测仪校准规范

Calibration Specification for Partial Discharge Detectors
Based Transient Earth Voltage Method

2024-09-26 发布

2024-12-01 实施

江苏省市场监督管理局 发布

暂态地电压法局部放电检测仪 校准规范

Calibration Specification for Partial Discharge

Detectors Based Transient Earth Voltage Method

JJF(苏)283 — 2024

本规范经江苏省市场监督管理局于 2024 年 09 月 26 日批准，并自 2024 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：江苏省通讯计量专业技术专业委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

参加起草单位：南京谷贝电气科技有限公司

无锡市计量测试院

盐城市计量测试所

南京市特种设备安全监督检验研究院

本规范委托江苏省通讯计量专业委员会负责解释

本规范主要起草人：

冯 亮（江苏省计量科学研究院）

安靖婕（江苏省计量科学研究院）

韦 建（江苏省计量科学研究院）

本规范参与起草人：

沈海龙（南京谷贝电气科技有限公司）

王冠钧（无锡市计量测试院）

李 超（盐城市计量测试所）

李晓露（南京市特种设备安全监督检验研究院）

黄海岚（江苏省计量科学研究院）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 暂态地电压	1
3.2 暂态地电压法局部放电检测	1
3.3 暂态地电压传感器	1
3.4 脉冲计数	1
4 概述	1
5 计量特性	2
5.1 上、下限截止频率	2
5.2 幅值测量线性度	2
5.3 幅值测量稳定度	2
5.4 脉冲计数	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 校准所用计量标准及配套设备	2
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准方法	3
8 校准结果表达	6
9 复校时间间隔	7
附录 A 校准原始记录格式	8
附录 B 校准证书内页格式	10
附录 C 测量不确定度评定示例	12
附录 D 性能测试板	15

引 言

JJF1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF1059.1《测量不确定度的评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

暂态地电压法局部放电检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围 3 MHz~100 MHz 的暂态地电压法局部放电检测仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 7354-2018 高电压试验技术 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

3.1 暂态地电压 transient earth voltage (TEV)

电气设备局部放电发生时产生的高频电磁波在金属外壳和接地体的波阻抗上产生的暂态对地电压信号。计量单位为 dBmV。

3.2 暂态地电压法局部放电检测 partial discharge detection based on TEV

通过传感器，采集暂态地电压信号，对局部放电脉冲信号进行测量、分析、判断的一种检测方法。

3.3 暂态地电压传感器 TEV transformer

用于采集金属外表面暂态高频电压的容性耦合传感器，其主要工作频率范围为 3MHz~100MHz。

3.4 脉冲计数 pulse counter

在选定的时间间隔内，对于输入电信号的个数进行累加计数，脉冲计数的最小分辨力一般为 1，无量纲。

4 概述

暂态地电压法局部放电检测仪一般由暂态地电压传感器、信号处理单元、存储及显示单元等部分组成。通过暂态地电压传感器采集流经接地引线或其他地电位连接线上的高频脉冲信号，经信号处理单元转换成数字信号，存储并显示，从而实现对电力设备局部放电的带电检测。

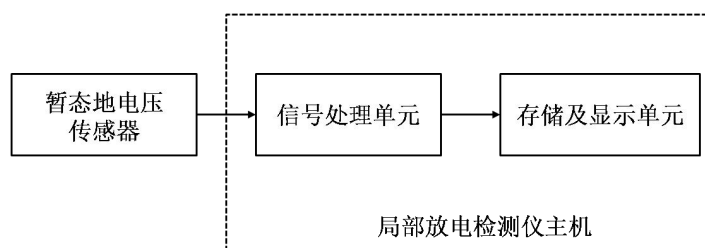


图1 暂态地电压法局部放电检测仪组成框图

5 计量特性

5.1 上、下限截止频率

频率范围：3 MHz~100 MHz；

最大允许误差：±10%。

5.2 幅值测量线性度

测量范围：(0~60) dBmV；

最大允许误差：±20%。

5.3 幅值测量稳定度

测量范围：1 mV~5 V；

最大允许误差：±5%/15 min。

5.4 脉冲计数

最大允许误差：±10%。

注：以上条款不作为合格性判定依据，仅供参考。

6. 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(23±5) °C

6.1.2 环境湿度：≤80% RH

6.1.3 电源电压及频率：(220±11) V，(50±1) Hz

6.1.4 周围无影响校准工作的强电磁场干扰及机械振动。

6.2 校准所用计量标准及配套设备

6.2.1 正弦波信号发生器

频率范围：1 kHz~110 MHz

频率最大允许误差：±0.1%

电压范围：1 mV~5 V

电压最大允许误差：±1%

6.2.2 脉冲信号发生器

频率范围：1 Hz~10 kHz

频率最大允许误差：±0.1%

电压范围：10 mV~5 V

电压最大允许误差：±1%

上升时间：≤0.1 μs

6.2.2 绝缘电阻表

测量电压：直流 500 V；

准确度等级优于 10 级。

6.2.3 耐电压测试仪

输出电压：≥2000 V；

准确度等级：优于 5 级。

6.2.4 50 Ω 匹配负载

最大允许误差：±1%

6.2.5 性能测试板

带同轴接口的镀锌铁板，尺寸不小于：长 300 mm，宽 300 mm，高 3 mm，结构见附录 D。

7. 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目如表 1 所示

表 1 校准项目

序号	校准项目	校准方法条款
1	上、下限截止频率	7.2.2
2	幅值测量线性度	7.2.3
3	幅值测量稳定度	7.2.4
4	脉冲计数	7.2.5

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

(1) 外观及工作正常性检查：

被校检测仪的外观应完好，标识清晰，附件齐全，开关、按键应功能正常。输入输

出端口内外导体无变形和损坏, 无影响电气性能的机械损伤。

(2) 对交流供电的被校检测仪应进行安全检查:

用绝缘电阻表测量被校检测仪电源输入端对机壳及对地的绝缘电阻, 绝缘电阻值应大于 $20\text{ M}\Omega$ 。

对于新购置的检测仪, 需用耐电压测试仪对电源输入端与外壳之间施加 2000 V 工频电压, 历时 1 min , 应无击穿和飞弧现象。

7.2.2 上、下限截止频率

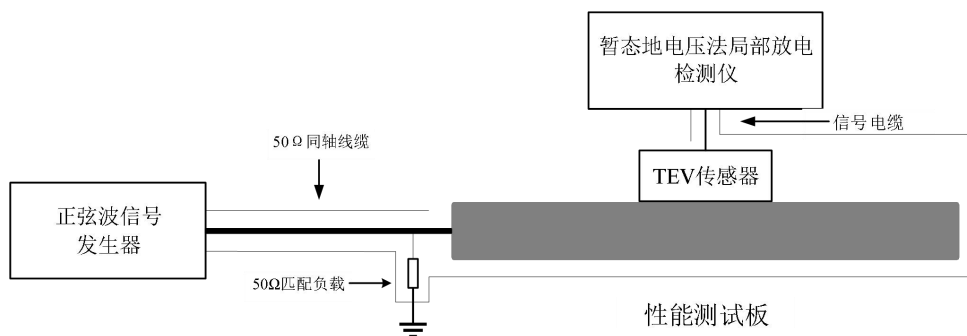


图 2 上、下限截止频率、幅值测量线性度和稳定度校准连接框图

(1) 如图 2 所示连接仪器, 暂态地电压传感器贴附于性能测试板表面;

(2) 调整正弦波信号发生器的输出幅度, 使被校仪器幅值示值为满量程的 50% , 并保持输出幅度不变;

(3) 在被校仪器规定的上、下限截止频率之间改变正弦波信号发生器的输出频率, 找到频率变化过程中, 被校仪器幅值示值的最大值, 此时的正弦波信号的频率, 即为基准频率 f_0 , 记录在附录 A 的表 A.1 中;

(4) 保持正弦波信号发生器输出幅度不变, 以 1 MHz 或更小的步进从基准频率降低正弦波信号的频率, 待被校仪器幅值示值降低 6 dB 时, 此时正弦波输出频率 f_1 , 即为下限截止频率, 记录在附录 A 的表 A.1 中;

(5) 保持正弦波信号发生器输出幅度不变, 以 1 MHz 或更小的步进从基准频率升高正弦波信号的频率, 待被校仪器幅值示值降低 6 dB 时, 此时正弦波输出频率 f_2 , 即为上限截止频率, 记录在附录 A 的表 A.1 中。

7.2.3 幅值测量线性度

(1) 如图 2 所示连接仪器;

(2) 正弦波信号发生器输出频率设为基准频率 f_0 ;

(3) 调整正弦波信号发生器的输出幅度, 使被校仪器幅值指示为最大量程。记录此时正弦波信号发生器的输出幅度 U_0 和被校仪器示值 A_0 , 并以此为参考值;

(4) 调整正弦波信号发生器的输出幅度为 λU_0 , λ 为 0.8, 记录被校仪器示值 A_λ ;

(5) 可用式 1 计算幅值测量线性度:

$$\delta = A_\lambda - A_0 - 20\lg\lambda \quad (1)$$

式中:

δ ——幅值测量线性度, dB;

A_0 ——被校仪器幅值示值的参考值, dBmV;

A_λ ——被校仪器幅值示值, dBmV。

λ ——信号发生器输出幅度归一化系数。

(6) 可用式 2 将幅值测量线性度对数值换算成百分数:

$$\delta' = 10^{\frac{\delta}{20}} \times 100 - 100 \quad (2)$$

式中:

δ' ——幅值测量线性度, %。

(7) 将 λ 分别设为 0.6, 0.4, 0.2, 重复步骤 4~6, 将结果记录在附录 A 的表 A.2 中。

7.2.4 幅值测量稳定度

(1) 如图 3 所示连接仪器:

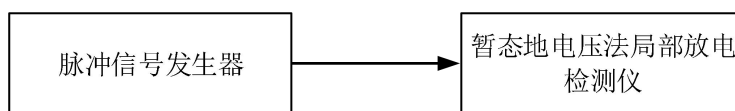


图 3 幅值测量稳定度、脉冲计数校准连接框图

(2) 脉冲信号发生器输出频率为 1 kHz 的方波信号, 调整方波信号幅度, 使被校仪器示值大于 30 dBmV, 并保持输出幅度不变。

(3) 每隔 1 min 读取被校仪器示值, 连续测量 15 min, 记录在附录 A 的表 A.3 中, 并选出示值的最大值 A_{\max} 和最小值 A_{\min} ;

(4) 可用式 3 计算稳定度:

$$s = A_{\max} - A_{\min} \quad (3)$$

式中:

s ——幅值测量稳定度, dB;

A_{\max} ——被校仪器幅值示值最大值, dBmV;

A_{\min} ——被校仪器幅值示值最小值, dBmV。

(5) 可用式 3 所得稳定度, 相对于满量程换算成百分数。

7.2.5 脉冲计数

- (1) 如图 3 所示连接仪器；
- (2) 调节脉冲信号发生器的输出幅度，使被校仪器的幅值示值大于等于 30 dBmV；
- (3) 调节脉冲信号发生器的输出频率为 1 kHz,记录被校仪器脉冲计数的读数，脉冲信号发生器输出的实际脉冲个数可用式 4 计算：

$$n = f \times \tau \quad (4)$$

式中：

n ——脉冲信号发生器输出的实际脉冲个数；

f ——脉冲信号发生器输出频率，Hz；

τ ——被校仪器采样时间，s。

(4) 在 0.5 kHz~10 kHz 范围内改变脉冲信号发生器的输出频率，记录被校仪器的脉冲计数 n_i 至附录 A 的表 A.4 中。

(5) 可用式 5 计算脉冲计数误差：

$$\delta_p = \frac{n_i - n}{n} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

δ_p ——脉冲计数误差；

n_i ——被校仪器脉冲计数示值；

n ——脉冲信号发生器 1 s 输出的实际脉冲个数。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书上反应，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，“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) 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，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录格式

外观及工作正常性检查:

检查项目	结果
外观	
绝缘电阻	
耐压测试	

A.1 上、下限截止频率

表 A.1 上、下限截止频率

基准频率 (MHz)	下限截止频率 (MHz)	上限截止频率 (MHz)	扩展不确定度 $U(k=2)$

A.2 幅值测量线性度

表 A.2 幅值测量线性度

标准正弦波频率 (MHz):

λ	标准正弦波幅度 (V)	示值 (dBmV)	幅值测量线性度	扩展不确定度 $U(k=2)$
1.0			0 (REF)	
0.8				
0.6				
0.4				
0.2				

A.3 幅值测量稳定度

表 A.3 幅值测量稳定度

标准方波频率: 1kHz

时间 (min)	示值 (dBmV)	时间 (min)	示值 (dBmV)
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	
最大值		最小值	
稳定度 (%)		扩展不确定度 $U(k=2)$	

A.4 脉冲计数

表 A.4 脉冲计数

标准频率 (kHz)	示值	脉冲计数误差(%)	扩展不确定度 $U(k=2)$
0.5			
1			
...			
...			
...			
10			

附录 B

校准证书内页格式

B.1 上、下限截止频率

表 B.1 上、下限截止频率

基准频率（MHz）	下限截止频率（MHz）	上限截止频率（MHz）	扩展不确定度 $U(k=2)$

B.2 幅值测量线性度

表 B.2 幅值测量线性度

标准正弦波频率（ MHz）：

λ	标准正弦波幅度 (V)	示值 (dBmV)	幅值测量线性度	扩展不确定度 $U(k=2)$
1.0			0（REF）	
0.8				
0.6				
0.4				
0.2				

B.3 幅值测量稳定度

表 B.3 幅值测量稳定度

标准方波频率：1kHz

时间（min）	示值（dBmV）	时间（min）	示值（dBmV）
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	
最大值		最小值	
稳定度（%）			

B.4 脉冲计数

表 B.4 脉冲计数

标准频率 (kHz)	示值	脉冲计数误差(%)	扩展不确定度 $U(k=2)$
0.5			
1			
...			
...			
...			
10			

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 幅值测量线性度的测量不确定度评定

采用直接测量法, 正弦波信号发生器输出标准正弦波信号, 记录被校仪器幅值示值为校准结果, 改变标准正弦波信号幅度的输出倍率, 记录被校仪器幅值示值, 并计算幅值线性度。以下评定以 $\lambda = 0.8$ 为例。

C.1.1 测量模型

$$\delta = A_{\lambda} - A_0 - 20\lg\lambda \quad (\text{C.1})$$

式中:

- δ ——幅值测量线性度;
- A_0 ——被校仪器幅值示值的参考值, dBmV;
- A_{λ} ——被校仪器幅值示值, dBmV;
- λ ——信号发生器输出幅度归一化系数。

C.1.2 不确定度来源

幅值测量线性度 δ 由 A_0 和 A_{λ} 两次幅值测量所得, 测量结果的不确定度由 A_0 和 A_{λ} 的测量不确定度组成, 整个测量中测量方法、测量仪器和测量条件相同, 可认为两个输入量间正强相关, $u_c = u_{c1} + u_{c2}$ 。

A_0 和 A_{λ} 的测量不确定度来源如下:

- 1) 标准器正弦波信号发生器输出幅度不准确度引入的不确定度分量 u_1 ;
- 2) 被校仪器分辨力引入的不确定度分量 u_2 ;
- 3) 测量重复性引入的不确定度分量 u_3 。

这些分量彼此不相关, 所以合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (c_i u_i)^2} \quad (\text{C.2})$$

C.1.3 标准不确定度分量的评定

- 1) 标准器正弦波信号发生器输出幅度不准确度引入的不确定度分量 u_1

用 B 类方法评定。正弦波信号发生器输出幅度的最大允许误差为 $\pm 1\%$, 换算成对数值为 $\pm 0.086\text{dB}$, 设为均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 则标准不确定度 u_1 为:

$$u_1 = 0.086\text{dB} / \sqrt{3} = 0.051\text{dB}$$

- 2) 被校仪器分辨力引入的不确定度分量 u_2

用 B 类方法评定。被校仪器分辨力为 0.1dB , 设为均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$,

则标准不确定度 u_2 为:

$$u_2 = 0.1\text{dB} / 2\sqrt{3} = 0.029\text{dB}$$

3) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_3

测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定, 重复测量 10 次:

A_0 的测量结果如下:

次数	测量值 (dBmV)	次数	测量值 (dBmV)
1	59.3	6	58.6
2	59.2	7	59.2
3	58.9	8	59.1
4	58.7	9	58.7
5	59.1	10	59.1

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum X_i = 58.99\text{dBmV}$$

实验标准偏差: $s_1 = 2.8\%$, 换算成对数值为 $s_1 = 0.24\text{dB}$ 。

由此重复性引入的不确定度分量为: $u_{31} = 0.24\text{dB}$ 。

A_2 的测量结果如下:

次数	测量值 (dBmV)	次数	测量值 (dBmV)
1	56.9	6	56.6
2	56.8	7	56.3
3	57.0	8	56.5
4	56.6	9	56.8
5	56.7	10	56.7

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n} \sum X_i = 56.69\text{dBmV}$$

实验标准偏差: $s_2 = 2.3\%$, 换算成对数值为 $s_2 = 0.20\text{dB}$ 。

由此重复性引入的不确定度分量 u_3 为: $u_{32} = 0.20\text{dB}$ 。

C.1.4 合成标准不确定度

A_0 测量不确定度主要分量见表 C.1

表 C.1 A_0 测量不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准 不确定度(dB)	c_i	$ c_i u(x_i)$ (dB)
u_1	标准器不准确	0.051	-1	0.051

u_2	分辨力	0.029	1	0.029
u_{31}	测量重复性	0.24	1	0.24

由于分辨力和测量重复性对测量不确定的贡献存在重复，故两个分量中在合成不确定度时，只取其中最大者 u_{31}

各分量互不相关， $u_{c1}=0.24$ dB

A_λ 测量不确定度主要分量见表 C.2

表 C.2 A_λ 测量不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准 不确定度(dB)	c_i	$ c_i u(x_i)$ (dB)
u_1	标准器不准确	0.051	-1	0.051
u_2	分辨力	0.029	1	0.029
u_{32}	测量重复性	0.20	1	0.20

由于分辨力和测量重复性对测量不确定的贡献存在重复，故两个分量中在合成不确定度时，只取其中最大者 u_{32}

各分量互不相关， $u_{c2}=0.20$ dB

幅值线性度的合成标准不确定度为：

$$u_c = u_{c1} + u_{c2} = 0.24 + 0.20 = 0.44 \text{ dB}$$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ， $U = k \times u_c = 0.9$ dB

附录 D

性能测试板

性能测试板材质为镀锌铁板，尺寸不小于：长 300mm，宽 300mm，高 3mm，尺寸见图 D.1。

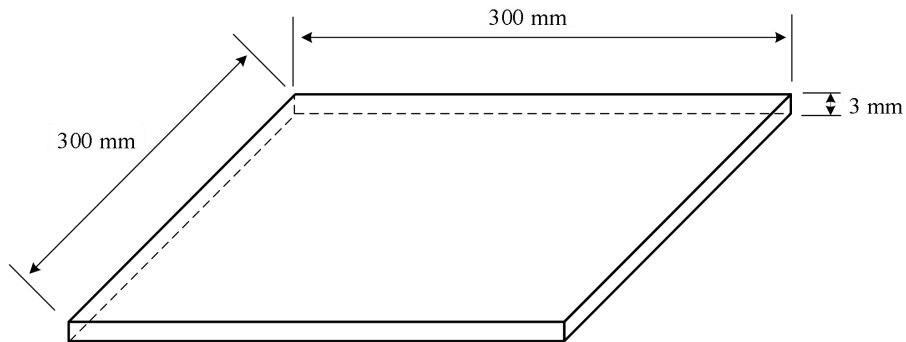


图 D.1 性能测试板尺寸图

使用时通过同轴电缆与正弦波信号发生器及 $50\ \Omega$ 匹配负载相连，连接示意图如图 D.2。

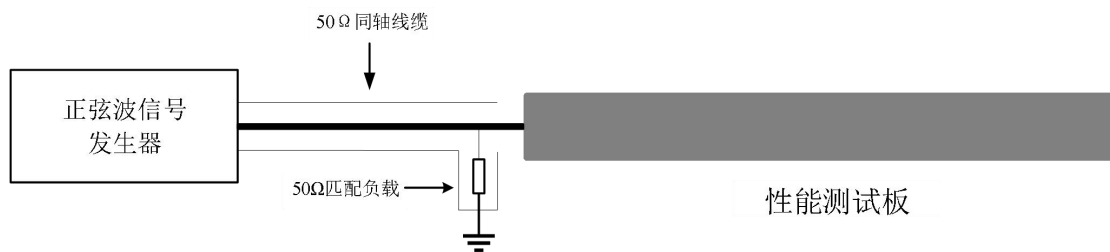


图 D.2 性能测试板连接示意图

江苏省地方计量技术规范
暂态地电压法局部放电检测仪计
校准规范

JJF(苏)283—2024

江苏省市场监督管理局发布

*

江苏省计量协会印刷

版权所有不得翻印

*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本

2024 年 12 月 印刷