



广西壮族自治区地方计量技术规范

JJF（桂）46—2017

绝缘油介电强度测试仪校准规范

Calibration Specification for
Dielectric strength detector of insulating oils

2017—04—06 发布

2017—06—01 实施

广西壮族自治区质量技术监督局 发布

绝缘油介电强度测试仪 校准规范

JJF (桂) 46—2017

Calibration Specification for
Dielectric strength detector of insulating oils

归口单位：广西壮族自治区质量技术监督局

主要起草单位：广西壮族自治区计量检测研究院

本规范条文由广西壮族自治区质量技术监督局负责解释

本规范主要起草人：

凌 通 (广西壮族自治区计量检测研究院)

全学明 (广西壮族自治区计量检测研究院)

刘俏君 (广西壮族自治区计量检测研究院)

覃尚化 (广西壮族自治区计量检测研究院)

韦 华 (广西壮族自治区计量检测研究院)

参加起草人：

刘 福 (广西壮族自治区计量检测研究院)

卢 璟 (广西壮族自治区计量检测研究院)

余 挺 (广西壮族自治区计量检测研究院)

黄世广 (广西壮族自治区计量检测研究院)

祝立新 (广西壮族自治区计量检测研究院)

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量特性	1
4.1 电压测量误差	1
4.2 总谐波失真	1
4.3 升压速度	2
5 校准条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 校准标准器及其它设备	2
6 校准项目和校准方法	3
6.1 校准项目	3
6.2 校准方法	3
7 校准结果表达	5
7.1 校准数据处理	5
7.2 校准原始记录	5
7.3 校准证书	6
7.4 校准结果不确定度评定	6
8 复校时间间隔	6
附录 A 绝缘油介电强度测量仪校准记录格式	7
附录 B 校准证书 (内页) 内容	8
附录 C 绝缘油介电强度测试仪电压测量误差测量不确定度评定示例	9

引 言

本规范依据 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》，以 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行制定。

本规范为首次制定。

广西市场监管局

绝缘油介电强度测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于额定频率为 50 Hz, 输出电压高于 10 kV 的绝缘油介电强度测试仪(以下简称测试仪)的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJG 795-2016 耐电压测试仪

GB/T 507-2002 绝缘油击穿电压测定法

DL/T 846.7-2004 高电压测试设备通用技术条件第 7 部分: 绝缘油介电强度测试仪

凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本规范。凡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 概述

测试仪是对绝缘油的介电强度特性进行检测的仪器, 用于确定变压器绝缘油的耐压值或击穿电压值。测试仪工作原理通常为按绝缘油相关标准设定试验电压值, 对放在试样杯里的被测绝缘油施加一个按设定速率上升的试验电压直到设定值为止, 并持续标准规定的时间, 或按设定速率连续上升直至绝缘油击穿为止, 以确定绝缘油的击穿电压值。

测试仪主要由升压单元、测量单元和试验组件组成。其中升压单元主要由调压系统、变压器、切换系统等部分组成, 试验组件主要由试样杯和电极等部分组成。

4 计量特性

4.1 电压测量误差

测试仪的电压测量误差不超过 $\pm 3\%$ 。

4.2 总谐波失真

测试仪输出电压的总谐波失真不超过 $\pm 5\%$ 。

4.3 升压速度

采用自动升压的测试仪,其自动升压速度为 2 kV/s 或 3 kV/s,其误差不超过标称值的 $\pm 10\%$ 。

注:由于校准不判断合格与否,故上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 湿度: 不大于 80%RH。

5.1.3 电源电压: $(220 \pm 22) \text{ V}$ 。

5.1.4 电源频率: $(50 \pm 0.5) \text{ Hz}$ 。

5.1.5 其他: 周围无影响校准正常工作的强电磁场和机械振动。

5.2 校准标准器及其它设备

5.2.1 绝缘电阻表

绝缘电阻表测量电压为 1000 V, 准确度等级不低于 10 级。

5.2.2 耐电压测试仪

耐电压测试仪输出电压不小于 2000 V, 准确度等级不低于 5 级。

5.2.3 计量标准器

计量校准装置应能直接测量测试仪两个高压电极之间的电压值, 测量范围应满足被校测试仪的测量范围, 校准装置测量扩展不确定度应不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/3。

5.2.4 失真度测量仪或谐波分析仪

失真度测量范围: 0.01%~30%, 最大允许误差优于满刻度的 $\pm 10\%$ 。

5.2.5 秒表

分辨率 0.1 s, 最大允许误差优于 $\pm 0.3 \text{ s}$ ($t=30 \text{ s}$)。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

测试仪校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目名称	计量特性条款	校准方法条款
1	电压测量误差	4.1	6.2.4
2	总谐波失真	4.2	6.2.6
3	升压速度	4.3	6.2.7
注：根据测试仪功能和用户的要求选择校准项目。			

6.2 校准方法

6.2.1 外观及工作正常性检查

a) 测试仪外观应完好，应有专用的接地端钮，且有明显的接地标识。试验组件如试验油杯、电极的形状及油杯间隙用标准规的尺寸必须符合 GB/T 507-2002 的要求。

b) 测试仪高压部位应有安全连锁保护屏障。如果屏障未施加，测试仪应不能升压；试验中屏障被撤除，测试仪应能立即切断输出电压。保护屏障应透明或留有透明部位，以便在试验过程中观察油杯内试油击穿情况。

c) 测试仪在试油发生击穿后，应能切断油杯上的高压。

6.2.2 绝缘电阻

用测量电压为 1000 V 的绝缘电阻表，测量测试仪电源输入端对机壳的绝缘电阻，测量结果应不小于 20 M Ω 。

6.2.3 介电强度

在测试仪的电源输入端与机壳之间施加工频电压 2000 V，历时 1 min，应无击穿、飞弧现象。

6.2.4 最高输出电压

在不放置油杯的情况下，按照图 1 的接线方法，测量测试仪高压输出端最高输出电压。

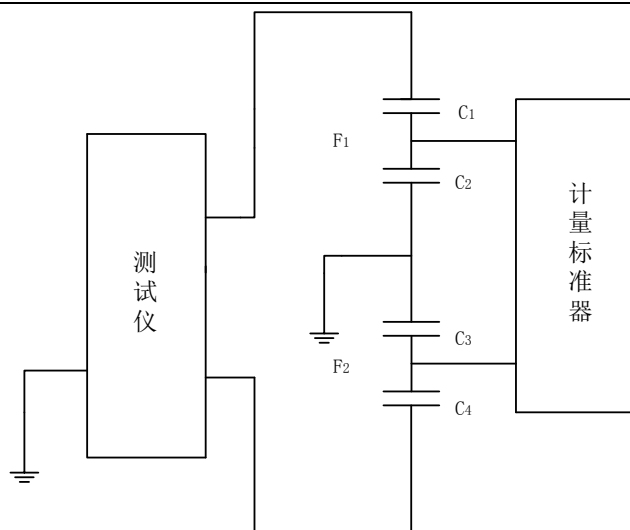


图 1 电压测量误差校准接线图

图中：F₁——高压标准分压器 1；

F₂——高压标准分压器 2；

6.2.5 电压测量误差

a) 电压测量误差校准应采用矢量法，不应采用代数法，按照图 1 所示原理图接线。

b) 测试仪校准点一般选择从 20 kV 开始每隔 10 kV 测量一点，直至额定输出电压，完成一次测量后，再重复测量一次，取两次测量的平均值作为电压测量结果。以式 (1) 计算电压测量误差：

$$\delta_U = \frac{U_x - \bar{U}_s}{\bar{U}_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_U ——电压测量相对误差，%；

U_x ——被校测试仪示值，kV；

\bar{U}_s ——计量标准器示值，kV。

6.2.6 总谐波失真

仪器连接如图 2 所示，调节被校测试仪输出电压至额定值，将失真度测量仪或谐波分析仪连接到高压分压器 F₁ 和 F₂，直接读取输出电压的总谐波失真。

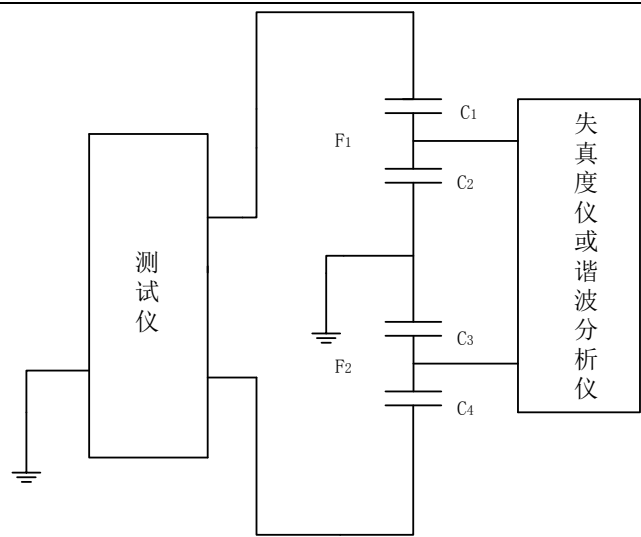


图 2 总谐波失真校准接线图

6.2.7 升压速度

a) 测试仪校准点选择 2 kV/s 或 3 kV/s 任意一点，用秒表测量测试仪输出电压从零升到最高电压时所需要的时间，以式（2）计算升压速度：

$$v = U/t \tag{2}$$

式中：

v ——升压速度，kV/s；

U ——最高电压，kV；

t ——升压时间，s。

b) 重复测量 5 次，取 5 次测量计算结果的平均值即为升压速度。

7 校准结果表达

7.1 校准数据处理

校准结果的数据应先计算后修约，修约应遵循四舍五入及偶数法则，保留的有效位数使末位数与测量结果不确定度的有效位数相一致。

7.2 校准原始记录

校准原始记录的格式参见附录 A。

7.3 校准证书

校准后的测试仪出具校准证书, 校准证书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;
- 测量仪校准结果出具校准证书, 校准证书应包括的信息及格式见附录 A。
- 校准证书内页格式见附录 B。

7.4 校准结果不确定度评定

校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1-2012 进行, 不确定度评定范例见附录 C。

8 复校时间间隔

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间, 建议复校时间间隔为 12 个月。

附录 A

绝缘油介电强度测量仪校准原始记录格式

送校单位 信 息	送校单位		地 址																																									
	联 系 人		联系电话		邮 编																																							
被校仪器 信 息	仪器名称		型号规格																																									
	制造厂商		生产日期		出厂编号																																							
标准器 信 息	标准器名称	编号	不确定度或准确度 等级或最大允许误差		证书号	有效期至																																						
校准信息	校准地点		校准员		核验员																																							
	校准日期		温 度	℃	湿 度	%RH																																						
	校准依据	JJF (桂) 46—2017《绝缘油介电强度测试仪校准规范》																																										
1 外观及工作正常性检查： 2 绝缘电阻： 3 介电强度： 4 最高输出电压： 5 电压测量误差：																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>标称值 (kV)</th> <th colspan="2">实测值 (kV)</th> <th>平均值 (kV)</th> <th>相对误差 (%)</th> <th colspan="2">扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							标称值 (kV)	实测值 (kV)		平均值 (kV)	相对误差 (%)	扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$																																
标称值 (kV)	实测值 (kV)		平均值 (kV)	相对误差 (%)	扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$																																							
6 试验电压总谐波失真：																																												
7 升压速度：																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">测量项目</th> <th colspan="6">测量值</th> <th rowspan="2">扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>平均值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>电压 (kV)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>时间 (s)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>升压速度 (kV/s)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							测量项目	测量值						扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$	1	2	3	4	5	平均值	电压 (kV)								时间 (s)								升压速度 (kV/s)							
测量项目	测量值							扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$																																				
	1	2	3	4	5	平均值																																						
电压 (kV)																																												
时间 (s)																																												
升压速度 (kV/s)																																												

附录 B**校准证书（内页）内容**

校准结果：

- 1 外观及工作正常性检查：
- 2 绝缘电阻：
- 3 介电强度：
- 4 最高输出电压：
- 5 电压测量误差：

标称值 (kV)	实测值 (kV)	相对误差(%)	扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$

- 6 试验电压总谐波失真：
- 7 升压速度：

附录 C

绝缘油介电强度测试仪电压测量误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量方法：

依据 JJF (桂) 46-2017 《绝缘油介电强度测试仪校准规范》。

C.1.2 环境条件：

温度：20℃、湿度：60%RH。

C.1.3 计量标准：

标准设备名称	技术指标
绝缘油介电强度测试仪校验装置	电压测量范围：(0~100) kV
	准确度等级：0.5 级

C.1.4 被测对象：

被校设备名称	技术指标
绝缘油介电强度测试仪	电压范围 (0~60) kV
	电压测量最大允许误差：±3%

C.1.5 测量过程

采用矢量法，在测试仪上设置相应的校准电压值，待示值稳定后，读取绝缘油介电强度测试仪校验装置示值，计算被校测试仪的示值误差。

C.1.6 评定结果的使用：

在符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本测量不确定度的评定结果。

C.2 测量模型

C.2.1 测试仪的电压测量误差测量模型为：

$$\Delta U = U_X - U_N$$

式中， ΔU ——示值绝对误差 (kV)；

U_X ——被校测试仪电压示值 (kV)；

U_N -----校准装置电压示值 (kV)。

C.2.2 方差及灵敏系数

$$u_c^2(\Delta U) = c_1 u^2(U_X) + c_2 u^2(U_N)$$

式中, 灵敏系数 $c_1 = \partial(\Delta U) / \partial(U_X) = 1$, $c_2 = \partial(\Delta U) / \partial(U_N) = -1$

C.3 测量不确定度的分量评定

以测试仪输出工频 60 kV 为例, 对被校测试仪电压测量误差展开不确定度评定。

C.3.1 由被校测试仪测量重复性引入的不确定度分量 u_1 , 用 A 类不确定度评定。

对被校测试仪输出 60 kV 进行 10 次反复测量数据如下: 60.3 kV, 60.8 kV, 60.2 kV, 60.6 kV, 60.4 kV, 60.3 kV, 60.7 kV, 60.6 kV, 60.8 kV, 60.2 kV。实测结果的算术平均值 $\bar{x} = \frac{1}{10} (60.3+60.8+60.2+60.6+60.4+60.3+60.7+60.6+60.8+60.2) = 60.49$ kV。

根据算数平均值标准偏差计算公式:

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} = 0.24 \text{ kV}$$

由于实际校准过程中, 采用两次测量平均值作为最终结果, 故:

$$u_1 = s(x_k) / \sqrt{2} = 0.170 \text{ kV}$$

C.3.2 标准装置引入不确定度分量 u_2 , 用 B 类标准不确定度评定。

测试仪校准装置在测量 60 kV 时的最大允许误差为: ± 0.3 kV, 其半宽度 $\alpha = 0.3$ kV, 为均匀分布, 其包含因子 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度 u_2 为

$$u_2 = \alpha / \sqrt{3} = 0.173 \text{ kV}$$

C.3.3 绝缘油介电强度校准装置分辨力引入不确定度分量 u_3 , 用 B 类不确定度评定。

绝缘油介电强度校准装置分辨力为 0.1 kV, 半宽为 0.05 kV, 为均匀分布, 取包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_3 = 0.05 / \sqrt{3} = 0.029$ kV。

C.4 标准不确定度

标准不确定度见表 1

表 1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	标准不确定度分类	不确定度来源	测量结果分布	标准不确定度分量 (kV)
u_1	A	重复性	正态	0.170
u_2	B	标准器准确度	均匀	0.173
u_3	B	测试仪校准装置显示分辨率	均匀	0.029

C.5 合成标准不确定度的计算

经过分析不确定度分量的来源, 输入量 u_1 、 u_2 和 u_3 彼此独立, 互不相关, 则:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.244 \text{ kV}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度 U 为

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.244 \approx 0.5 \text{ kV}$$

$$U_{\text{rel}} = \frac{0.5 \text{ kV}}{60 \text{ kV}} \times 100\% = 0.8\%$$

C.7 测量不确定度报告

由上述分析得到: 测试仪在输出电压为 60 kV 时, 以相对值表示的测量结果不确定度为:

$$U_{\text{rel}} = 0.8\%$$

JJF (桂) 46-2017



广西壮族自治区

地方计量技术规范

绝缘油介电强度测试仪

JJF (桂) 46-2017

广西壮族自治区质量技术监督局颁布