



安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 97—2020

交流高压试验装置校准规范

Calibration Specification for AC High Voltage Test Device

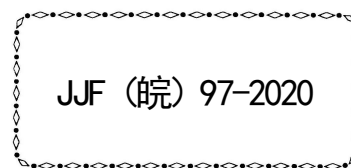
2020-05-19 发布

2020-06-20 实施

安徽省市场监督管理局 发布

交流高压试验装置校准规范

Calibration Specification for AC High
Voltage Test Device



归 口 单 位：安徽省市场监督管理局

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

本规范委托安徽省计量科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

吴安平（安徽省计量科学研究院）

吴 勇（安徽省计量科学研究院）

马 驭（安徽省计量科学研究院）

王 伟（安徽省计量科学研究院）

参加起草人：

郑四顺（安徽省计量科学研究院）

汪树青（安徽省计量科学研究院）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
3.1 工频高压试验装置.....	1
3.2 谐振试验装置.....	1
3.3 交流电压.....	1
3.4 额定频率.....	1
3.5 交流标准分压器测量系统.....	1
4 概述.....	1
4.1 工频高压试验装置.....	1
4.2 谐振试验装置.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 电压示值差.....	2
5.2 稳定性.....	2
5.3 谐波.....	2
5.4 谐振额定频率.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 供电电源条件.....	3
6.3 校准标准器及辅助设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	7
9 复校时间间隔.....	7
附录A 测量不确定度评定示例.....	8
附录B 校准原始记录格式.....	10

引 言

本规范依据国家计量技术规范JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制而成。

本规范为首次发布。

交流高压试验装置校准规范

1 范围

本规范适用于 10kV~300kV 电压范围的交流高压试验装置的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 496-2016 工频高压分压器检定规程

JJG (军工) 71-2017 交流标准电压源

GB/T 16927.2-2013 高电压试验技术 第 2 部分：测量系统

DL/T 848.2-2004 高压试验装置通用技术条件 第 2 部分：工频高压试验装置

DL/T 849.6-2004 电力设备专用测试仪器通用技术条件 第 6 部分：高压谐振试验装置

DL/T 1082-2008 高压实验室技术条件

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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

3.1 工频高压试验装置 power frequency high voltage device [DL/T 848.2-2004 第 3.1 条款]

由调压器、试验变压器、测量、控制和保护等基本组件组成的试验装置。

3.2 谐振试验装置 resonant test device [DL/T 849.6-2004 第 3.1 条款]

通过高速电感或电源频率，使电感与电容达到谐振状态的试验装置。

3.3 交流电压 alternating voltage [DL/T 1082-2008 第 3.2 条款]

频率 20Hz~400Hz，电压波形为实际正弦波的电压（波形接近正弦，上下半波基本对称，峰值与有效值之比在 1.34~1.48 之间）。

3.4 额定频率 rated frequency [DL/T 849.6-2004 第 3.8 条款]

谐振装置的设计谐振频率，它可以是一个单一频率，也可以是一个频率范围。

3.5 交流标准分压器测量系统 measuring system with AC voltage divider [GB/T 16927.2-2013 第 3.1 条款]

由交流标准分压器、交流标准电压表组成的电压测量系统，测量结果由电压

表示值乘以分压器分压比得到。

4 概述

4.1 工频高压试验装置

工频高压试验装置通过一个或多个升压变压器，将工频低电压转变为工频高电压，从而满足相应电力试验电压等级的要求。工频高压试验装置的工作原理见图 1。

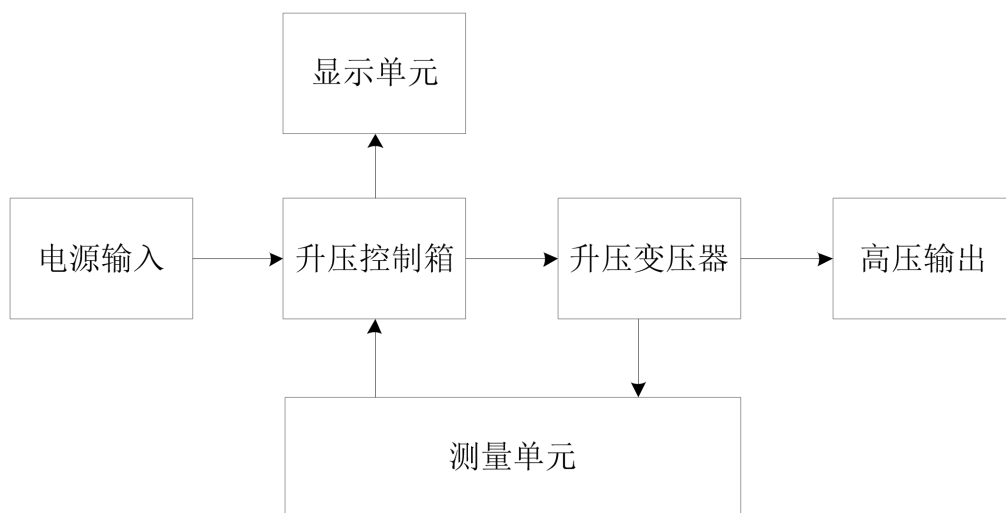


图 1 工频高压试验装置工作原理图

4.2 谐振试验装置

谐振试验装置一般由升压控制箱、励磁变压器、测量单元、补偿电容组成。它通过调整电源的频率或回路的电感，使得整套装置达到谐振状态产生高电压，从而满足相应电力试验电压等级的要求，其谐振频率范围一般为 20-300Hz。工作原理见图 2。

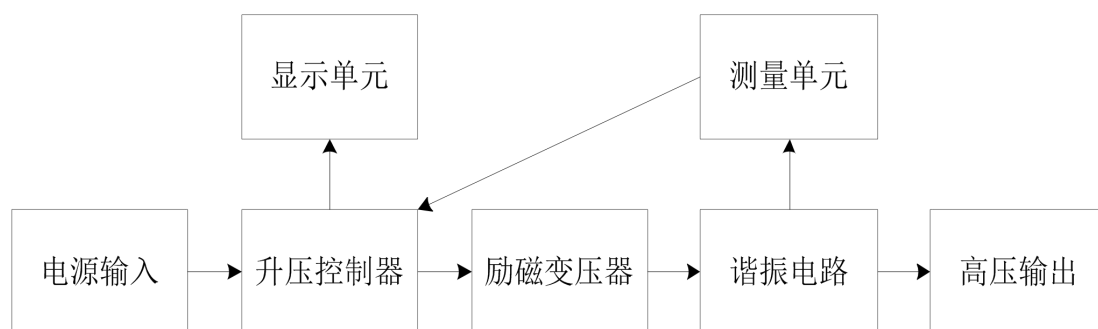


图 2 谐振高压试验装置工作原理图

5 计量特性

5.1 外观

交流高压试验装置外观应整洁完好,无划痕损伤,各种标志清晰准确。各种调节旋钮、按键灵活可靠,应满足输出电压在额定电压范围内连续可调

5.2 电压示值误差

交流高压试验装置电压测量最大允许误差不超过 $\pm 3\%$ 。

5.3 电压稳定性

电压输出稳定性在 30min 内变化率不超过最大允许误差的 1/3。

5.4 谐波

谐波失真要求不超过 5%。

5.5 谐振额定频率

调频式谐振装置,额定频率为 30Hz~300Hz。

5.6 绝缘电阻测量

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

5.7 绝缘强度试验

在测试仪的电源输入端与机壳之间施加 1.1 倍工频额定电压,历时 1min,应无击穿和飞弧现象。

注:校准工作不判断合格与否,上述计量特性要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度:(20 \pm 10) $^{\circ}\text{C}$

6.1.2 环境湿度:(35~80) %RH

6.1.3 周围无影响测量的强电磁场,接地可靠。

6.2 供电电源条件

6.2.1 电源电压:(220 \pm 22) V

6.2.2 电源频率:(50 \pm 0.5) Hz

6.2.3 电源总谐波畸变不大于 5%

6.3 校准标准器及辅助设备

校准设备见表1

表 1 校准设备

序号	校准设备	计量特性
1	交流标准分压器测量系统	测量系统引起的电压测量扩展不确定度应小于被校高压试验装置最大允许误差绝对值的 1/5

2	失真度仪	不确定度应优于被检器具最大允许误差的 1/3
3	频率计	不确定度应优于被检器具最大允许误差的 1/3
4	耐压测试仪	5 级
5	绝缘电阻表	10 级
6	电子秒表	MPE: $\pm 0.01s$

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2

表 2 校准项目

序号	校准项目	校准方法条款
1	外观	7.2.1
2	电压示值误差	7.2.2
3	电压稳定性	7.2.3
4	谐波失真	7.2.4
5	频率示值误差	7.2.5
6	绝缘电阻	7.2.6
7	绝缘强度	7.2.7

7.2 校准方法

7.2.1 外观

交流高压试验装置外观应整洁完好,无划痕损伤,各种标志清晰准确。各种调节旋钮、按键灵活可靠,应满足输出电压在额定电压范围内连续可调

7.2.2 电压示值误差的校准

7.2.2.1 工频高压试验装置的电压示值误差校准

校准原理如图 3。接通试验装置的控制箱电源,确定试验装置电压指示处于零位后,开始升压。对于数显式的试验装置,校准点应在被校试验装置额定电压范围内,均匀选择不少于 5 个点(额定电压的 20%、40%、60%、80%、100%测量点)。对于指针的试验装置,应校准每一个带有数字标尺的点,并在电压上升和下降时各校准一次,取两者的平均值,示值误差按式(a)计算:

$$\Delta_U = \frac{U_x - U_s}{U_s} \times 100\% \quad (a)$$

式中

Δ_U ——试验装置电压示值的相对误差, %;

U_x ——试验装置电压显示值, kV;

U_s ——电压标准值, kV。

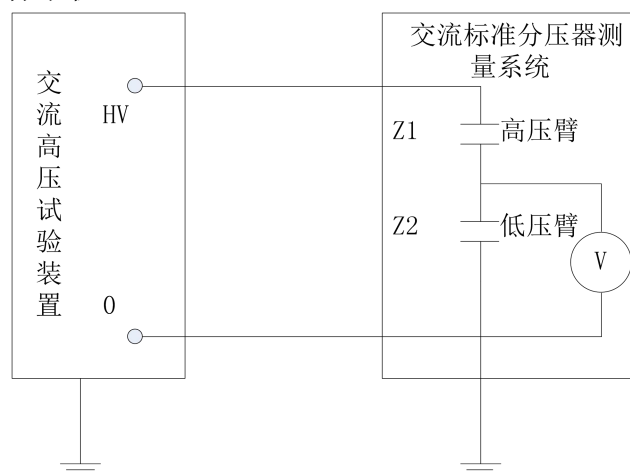


图3 电压示值误差校准原理图

7.2.2.2 谐振高压试验装置的电压示值误差校准

需根据实际情况在不少于一个谐振频率点下进行，校准原理如图3。接通试验装置的控制箱电源，确定试验装置电压指示处于零位，将试验装置回路调整至谐振状态。校准点应在被校试验装置额定电压范围内，均匀选择不少于5个点（最高电压校准点应达到或接近被校试验装置额定电压）。电压示值误差按式（a）计算。

7.2.3 稳定性

校准原理如图3。将交流高压试验装置电压升至额定电压的50%以上，记录此时交流标准分压器测量系统的电压值。交流高压试验装置连续运行10min，期间电压表每隔1min至少采样一次电压值，观察并记录实测电压的最大值和最小值。稳定性按式（b）计算：

$$\Delta_{sU} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\overline{U}} \times 100\% \quad (\text{b})$$

式中

Δ_{sU} ——电压输出的短期稳定性, %;

U_{\max} ——时间间隔内实测电压最大值, kV;

U_{\min} ——时间间隔内实测电压最小值, kV;

\bar{U} ——时间间隔内实测电压的算术平均值, kV。

7.2.4 谐波失真

校准原理如图 4。

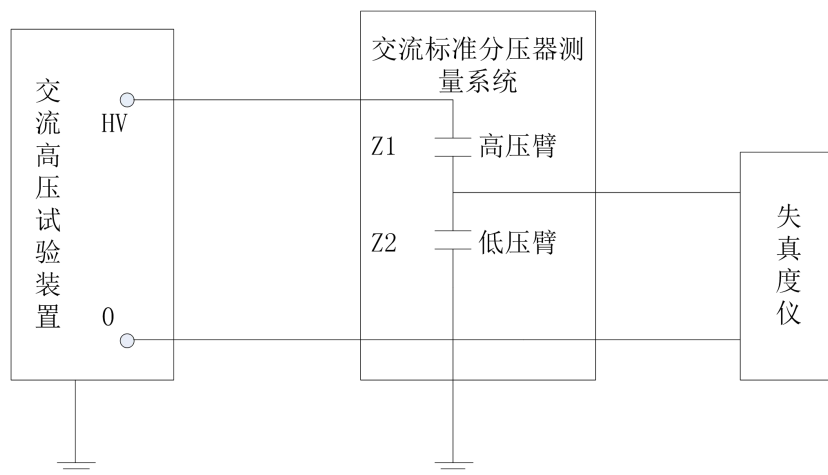


图 4 总谐波失真校准原理图

调节输出电压至额定值 U_m 的 80% 以上，记录此时失真度仪的读数。

7.2.5 频率示值误差

校准原理如图 5。

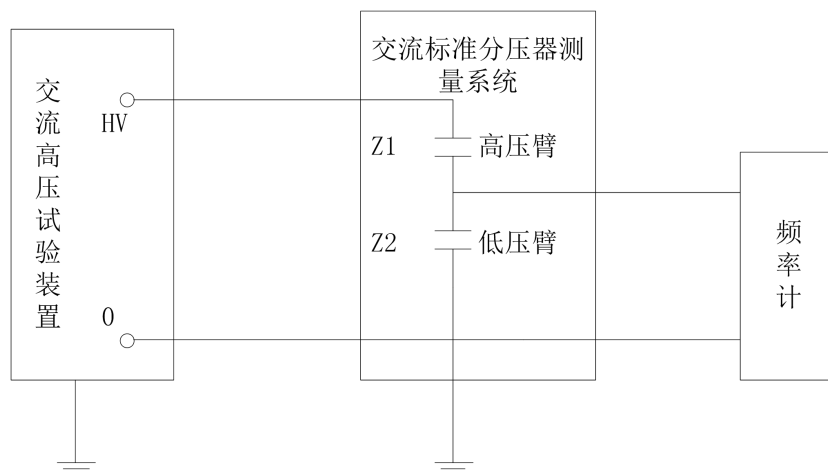


图 5 频率测量原理图

调节回路的输出电压，记录频率计读数，示值误差按式 (c) 计算

$$\Delta_f = f_x - f_s \quad (c)$$

式中

Δ_f ——谐振试验装置频率示值误差, Hz;

f_x ——谐振试验装置频率显示值, Hz;

f_s ——频率计显示值, Hz。

7.2.6 绝缘电阻测量

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

7.2.7 绝缘强度试验

在测试仪的电源输入端与机壳之间施加 1.1 倍工频额定电压, 历时 1min, 应无击穿和飞弧现象。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书(报告)上反映, 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;
- 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) 进行校准的日期;
- g) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- h) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- i) 校准环境的描述, 物品状态的描述;
- j) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- k) 被校对象的描述和明确标识;
- l) 如果与校准结果的有效性应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或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说明;
- 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。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

测量不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 计量标准：主要计量标准设备为精密电压互感器、数字多用表，其技术性能如下

序号	标准设备名称	技术指标
1	精密电压互感器	测量范围：(0~100) kV 准确度等级：0.05 级
2	数字多用表	测量范围：100mV~750V 准确度等级：±0.06%

A.1.2 被测对象：

序号	标准设备名称	技术指标
1	交流高压试验装置	输出范围：(0~50) kV 分辨力：0.1kV 准确度等级：3 级

A.1.3 校准方法

采用交流标准分压器测量系统作为标准器，对一套交流高压试验装置，在环境温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 (35~80) % 的条件下放置 24 小时后开始校准。

A.2 测量模型

交流高压试验装置输出电压相对误差：

$$\lambda_u = \frac{(U_x - U_s)}{U_s} \times 100\%$$

式中： λ_u —电压示值相对误差，%；

U_x —电压显示值,kV；

U_s —电压标准值,kV。

A.3 不确定度评定

当被校交流高压试验装置设定输出值 10kV 时，对被校交流高压试验装置电压值展开不确定度评定。

A.3.1 由被校交流高压试验装置测量重复性引入的不确定度分量 $u_{1\text{rel}}$ 。

对被校交流高压试验装置在 10kV 测量点进行 10 次反复测量，数据如下： (kV)

测量序号	1	2	3	4	5
被校显示值	10.01	10.02	10.03	10.00	10.01
测量序号	6	7	8	9	10
被校显示值	10.01	10.01	10.00	10.01	10.02

算术平均值 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 10.012\text{kV}$,

单次实验结果的标准偏差 $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.00919\text{kV}$,

被校交流高压试验装置测量重复性引入的不确定度分量

$$u_{1\text{rel}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} / \bar{x} = 9.18 \times 10^{-4}$$

A.3.2 由交流标准分压器测量系统示值误差引入的不确定度分量 $u_{2\text{rel}}$ 。

由测量交流电压的精密电压互感器和数字多用表最大允许误差引起的测量不确定度 $u_{2\text{rel}}$ 。按均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 则相对标准不确定度 $u_{2\text{rel}}$ 为

$$u_{2\text{rel}} = \sqrt{(0.05\%)^2 + (0.06\%)^2} / \sqrt{3} = 4.51 \times 10^{-4}$$

A.3.3 由被校交流高压试验装置测量分辨力引入的不确定度分量 $u_{3\text{rel}}$ 。

被校交流高压试验装置的输出电压分辨率为 0.1kV , 按均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 则相对标准不确定度 $u_{3\text{rel}}$ 为

$$u_{3\text{rel}} = \frac{0.1\text{kV}}{2 \times \sqrt{3}} \div 10.012\text{kV} = 2.89 \times 10^{-3}$$

A.4 合成标准不确定度的评定

A.4.1 主要标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	ci	测量结果分布	标准不确定度分量值
$u_{1\text{rel}}$	测量重复性	1	正态	9.18×10^{-4}
$u_{2\text{rel}}$	标准交流分压器最大允许误差	1	均匀	4.51×10^{-4}
$u_{3\text{rel}}$	被校交流高压试验装置分辨力	1	均匀	2.89×10^{-3}

A.4.2 合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量互不相关, 且 $u_{1\text{rel}} < u_{3\text{rel}}$, 所以合成标准不确定度为:

$$u_{\text{Crel}} = \sqrt{u_{2\text{rel}}^2 + u_{3\text{rel}}^2} = 2.92 \times 10^{-3}$$

A.4.3 扩展不确定度: $U_{\text{rel}} = k u_{\text{Crel}} = 6 \times 10^{-3}$ ($k=2$)

同样方法可得出交流高压试验装置其他校准点的不确定度。

附录 B

交流高压试验装置校准记录

证书编号: _____

共 _____ 页 第 _____ 页

送校单位: _____ 委托方地址: _____

仪器名称: _____ 制造单位: _____

规格型号: _____ 器具编号: _____ 准确度: _____

被校仪器状态 (完好“√”): 校准前: _____ 校准后: _____

校准依据: _____ 环境条件: 温度: _____ °C 相对湿度: _____ %

标准器名称	规格型号	出厂编号	有效期	备注

1.外观及功能性检查: _____ 2.介电强度: _____ 3.绝缘电阻: _____

4.电压示值误差

序号	显示值 (kV)	实测值 (kV)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

5.谐波失真

试验装置在电压为 _____ kV时, 谐波失真度为: _____。

6.频率测量

装置的频率显示值为: _____, 频率实测值为 _____。

测量不确定度: _____ 校准地点: ☐ 本院 _____ ☐ 现场 _____

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

7. 稳定性

显示值 (kV)	时间间隔	实测值 (kV)	
U_{\max}		U_{\min}	
$\delta_u = \frac{(U_{\max} - U_{\min})}{\bar{U}} \times 100\%$			

测量不确定度：_____ 校准地点：☐ 本院 _____ ☐ 现场 _____

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____ 年 _____ 月 _____ 日

