



# 安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 96—2020

---

## 高压绕组匝间绝缘冲击电压试验仪 校准规范

Calibration Specification for Impulse Voltage Testers for  
High-voltage Winding Interturn Insulation

2020-05-19 发布

2020-06-20 实施

---

安徽省市场监督管理局 发布

# 高压绕组匝间绝缘冲击电 压试验仪校准规范

Calibration Specification for Impulse  
Voltage Testers for High-voltage Winding  
Interturn Insulation

JJF (皖) 96 -2020

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

参加起草单位：安徽皖南电机股份有限公司

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 勇（安徽省计量科学研究院）

韦邦跃（安徽省计量科学研究院）

张 杰（安徽省计量科学研究院）

李保文（安徽省计量科学研究院）

**参加起草人：**

王 亮（安徽省计量科学研究院）

杨永春（安徽皖南电机股份有限公司）

# 目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
3.1 峰值.....	1
3.2 波前时间.....	1
3.3 单输出记忆型试验仪.....	1
3.4 两组交替输出型试验仪.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 输出冲击电压峰值.....	2
5.2 波前时间.....	2
5.3 冲击电压波对称性.....	2
5.4 波形重合性.....	2
5.5 波形面积相对差异量.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 计量标准器.....	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.....	5
9 复校时间间隔.....	5
附录A测量不确定度评定示例.....	6
附录B校准原始记录格式.....	9

# 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。

# 高压绕组匝间绝缘冲击电压试验仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于输出电压峰值范围10kV~40kV的模拟式和数字式绕组匝间绝缘冲击电压试验仪（以下简称绕组匝间试验仪）的校准。

本规范不适用于交直流电压输出的耐电压测试仪，输出电压波形为正弦波、波前截断的雷电冲击波及矩形冲击波的耐电压测试仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1691 绕组匝间绝缘冲击电压试验仪校准规范

JB/T 7080 绕组匝间绝缘冲击电压试验仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用该规范；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 峰值 Peak [JJF1691-2018, 定义3.1]

对于平滑的冲击波形，波形曲线偏离零线的最大值。

### 3.2 波前时间 Wave front time [JJF1691-2018, 定义3.2]

对于平滑的冲击波形，在波形上取峰值为电压峰值规定比例的A和B两点，从电压波形曲线的A点上升到B点所经历的时间T的1.67倍。其中A为电压峰值的30%点，B为电压峰值的90%点。

### 3.3 单输出记忆型试验仪 Memory tester with single output

[JB/T7080-2013, 定义3.1]

具有存储被试品试验波形功能的试验仪。

### 3.4 两组交替输出型试验仪 Alternate output tester with double-channel

[JB/T7080-2013, 定义3.2]

两个输出端以间隔相同时间，并以大于25Hz的频率，交替输出脉冲电压波的试验仪。

## 4 概述

测绕组匝间试验仪是测试绕组(或线圈)匝间绝缘性能的仪器。其基本原理为:将具有规定峰值和波前时间的冲击电压波形交替(或同时)施加于同一设计的被测试绕组和基准绕组(或线圈)上,利用冲击电压在两者中引起的衰减振荡波形的差异,来检测绕组(或线圈)绝缘是否良好。目前比较先进的匝间测试仪器可以预先存储基准绕组的试验波形,在测试过程中直接调出与被测试绕组的试验波形进行比较,这种情况下,仅需将冲击电压施加于被测试绕组。绕组匝间试验仪分为两组交替输出型试验仪和单输出记忆型试验仪。

## 5 计量特性

### 5.1 输出冲击电压峰值

5.1.1 绕组匝间试验仪最高输出冲击电压峰值不大于40kV。

5.1.2 输出电压峰值容差一般为 $\pm 3\% \sim \pm 10\%$ 。

### 5.2 波前时间

绕组匝间试验仪输出第一个冲击电压波的波前时间为 $0.2^{+0.3}_{-0.1}\mu\text{s}$ 或 $1.2\mu\text{s}$ 等(或参照使用说明书给出),最大允许偏差 $\pm 30\%$ 。

### 5.3 冲击电压波对称性

两组交替输出型试验仪输出的两组冲击电压波最大允许偏差一般为1%。

### 5.4 波形重合性

单输出记忆型试验仪每次输出的冲击电压波间的最大允许偏差一般为1%。

### 5.5 波形面积相对差异量

单输出记忆型试验仪每次输出的冲击电压波间的最大允许偏差一般为1%。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度:  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , 环境湿度:  $\leq 80\% \text{RH}$ 。

6.1.2 电源电压:  $(220 \pm 11) \text{V}$ , 频率:  $(50 \pm 0.5) \text{Hz}$

6.1.3 应配备保障校准人员安全的绝缘橡胶垫、手套和良好的接地线。

### 6.2 计量标准器

计量标准器见表1。

表1 校准设备一览表

序 号	名 称	主要技术指标
1	数字存储示波器	带宽不小于200MHz
2	电阻分压器	峰值电压不小于40kV，阻值不小于1k $\Omega$ ，最大允许误差： $\pm 1\%$
3	绕组线圈	电感性负载，其耐受电压不低于被校绕组匝间试验仪最高输出电压峰值

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目见表2，可以根据客户要求选择。

表2 绕组匝间试验仪校准项目一览表

序号	项目名称	计量特性条款	校准方法条款
1	输出冲击电压峰值	5.1	7.2.1
2	波前时间	5.2	7.2.2
3	冲击电压波对称性	5.3	7.2.3
4	波形重合性偏差	5.4	7.2.4
5	波形面积相对差异量	5.5	7.2.5

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 输出冲击电压峰值

校准输出冲击电压峰值使用纯电阻型分压器，测量线路如图1。波峰部分波形有振荡或过冲，且幅度大于5%峰值时，应将波形振荡中心线的最高峰值中心线作为输出冲击电压峰值。绕组匝间试验仪量程满度值为 $U_m$ ，在量程内选取包括10%、50%和100%（或最近刻度点）的3~5点分别进行校准。输出为单极性的应在产品提供的有效输出范围的上、下限各选一点，具有正、负极性输出的应分别测量正、负极性输出冲击电压峰值。

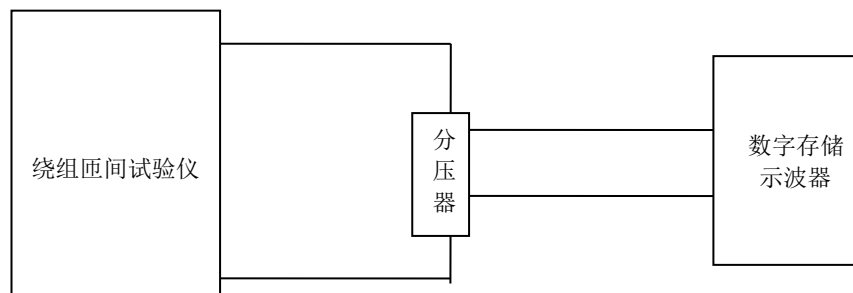


图1 绕组匝间试验仪输出冲击电压峰值和波前时间测量线路



绕组匝间试验仪输出冲击电压峰值的示值误差用式(1)表示:

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

式中:  $\delta_U$ ——输出冲击电压峰值的相对误差;

$U_x$ ——输出冲击电压峰值示值;

$U_n$ ——输出冲击电压峰值实际值。

### 7.2.2 波前时间

绕组匝间波前时间测量线路如图1。波峰部分波形有振荡,且幅度大于峰值5%时,应将波形振荡中心线作为波前波形。绕组匝间试验仪波前时间的示值误差用式(2)表示:

$$\delta_T = \frac{T - T_0}{T_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $\delta_T$ ——波前时间的相对误差;

$T$ ——波前时间标称值;

$T_0$ ——波前时间的实际值。

### 7.2.3 冲击电压波对称性

两组交替输出型试验仪冲击电压波对称性偏差用式(3)表示:

$$\delta = \frac{\Delta U}{U_p} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $\delta$ ——冲击电压波对称性偏差;

$\Delta U$ ——两通道冲击电压峰值实际值的最大差值;

$U_p$ ——两通道冲击电压峰值实际值的平均值。

两组交替输出型试验仪两个输出端并接同一绕组线圈,试验仪对线圈分别施加冲击电压波,用示波器观察其波形,用公式(3)计算其冲击电压波对称性偏差。

### 7.2.4 波形重合性

单输出记忆型试验仪波形重合性偏差用式(4)表示:

$$\beta = \frac{\Delta U_{\max}}{U_p} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $\beta$ ——波形重合性偏差;

$\Delta U_{\max}$ ——三次冲击电压峰值实际值的最大差值;

$U_p$ ——三次冲击电压峰值实际值的平均值。

单输出记忆型绕组试验仪输出端接一线圈，试验仪对线圈施加冲击电压波，用数字存储示波器记录3次冲击电压波波形，用公式(4)计算其波形重合性偏差。

#### 7.2.5 波形面积相对差异量

两组交替输出型试验仪:仪器两个输出端并接一绕组线圈施加冲击电压波，读出其波形面积相对差异量；单输出记忆型试验仪:仪器输出端接一绕组线圈，仪器对线圈施加冲击电压波，由绕组匝间试验仪读出其波形面积相对差异量。

### 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:

数字式存储示波器、纯电阻分压器

##### A.1.2 被测对象:

绕组匝间绝缘冲击电压试验仪

##### A.1.3 测量方法:

绕组匝间试验仪输出信号通过分压器在示波器上测量峰值电压和波前时间。

#### A.2 数学模型

对于峰值电压，数学模型如式 (A.1) 所示

$$\Delta U = U - U_x \quad (\text{A.1})$$

对于波前时间，数学模型如式 (A.2) 所示

$$\Delta T = T - T_x \quad (\text{A.2})$$

式中:

$\Delta U$  ——输出冲击电压峰值的示值误差;

$U$  ——输出冲击电压峰值实际值;

$U_x$  ——输出冲击电压峰值示值;

$\Delta T$  ——波前时间的示值误差;

$T$  ——波前时间实际值;

$T_x$  ——波前时间标称值。

#### A.3 测量不确定度的来源分析

根据测量模型，被校绕组匝间试验仪测量不确定度将取决于输入量  $U$ ， $U_x$ ， $T$ ， $T_x$  的不确定度。分别对这四个输入量进行评定。

#### A.4 标准不确定度的评定

##### A.4.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1$

分别在输出冲击电压峰值20kV、波前时间0.2 μs，重复测量10次，数据如下：

表A.1 输出冲击电压峰值示值及其波前时间的测量结果

序 号	实 测 值	
	峰 值 电 压 ( kV )	波 前 时 间 ( $\mu$ s )
1	19.25	0.250
2	19.22	0.254
3	19.16	0.230
4	19.27	0.254
5	19.20	0.260
6	19.18	0.264
7	19.18	0.252
8	19.33	0.248
9	19.27	0.254
10	19.31	0.248
平 均 值	19.237	0.2514
标 准 偏 差 $S(x)$	0.059	0.0091

A. 4. 2 示波器分辨力引入的不确定度分量  $u_2$ 

示波器电压分辨力为0.01kV, 半区间宽度为 $\pm 0.005$  kV, 按均匀分布考虑, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 故不确定度分量  $u_2 = \frac{0.005\text{kV}}{\sqrt{3}} = 0.0029\text{kV}$ 。

示波器时间分辨力为0.002  $\mu$ s, 半区间宽度为 $\pm 0.001$   $\mu$ s, 按均匀分布考虑, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 故不确定度分量  $u_2 = \frac{0.001\mu\text{s}}{\sqrt{3}} = 0.00058\mu\text{s}$ 。

## A. 4. 3 标准器准确度引入的不确定度分量

示波器幅度测量误差 $\pm 1\%$ , 按均匀分布考虑, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 故不确定度分量  $u_3 = \frac{1\%}{\sqrt{3}} \times 20\text{kV} = 0.116\text{kV}$ 。

电阻分压器分压比测量误差 $\pm 0.1\%$ , 按均匀分布考虑, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 故不确定度分量  $u_4 = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} \times 20\text{kV} = 0.0116\text{kV}$ 。

示波器时间测量误差 $\pm 0.005\%$ ，按均匀分布考虑，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故不确定度分量 $u_3 = \frac{0.005\%}{\sqrt{3}} \times 0.2\mu\text{s} = 5.8 \times 10^{-6} \mu\text{s}$ 。

#### A.5 合成标准不确定度

表A.2 输出冲击电压峰值的标准不确定度分量

符号	来源	标准不确定度分量值/kV
$u_1$	被检表读数的重复性	0.059
$u_2$	示波器电压分辨率	0.0029
$u_3$	示波器幅度准确度	0.116
$u_4$	电阻分压器准确度	0.0116

表A.3 波前时间的标准不确定度分量

符号	来源	标准不确定度分量值/ $\mu\text{s}$
$u_1$	被检表读数的重复性	0.0091
$u_2$	示波器时间分辨率	$5.8 \times 10^{-4}$
$u_3$	示波器时间准确度	$5.8 \times 10^{-6}$

各影响量相对独立，估算合成标准不确定度：

输出冲击电压峰值： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.131 \text{ kV}$

波前时间： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.0092 \mu\text{s}$

#### A.6 扩展不确定度

输出冲击电压峰值(20 kV点)： $U = ku_c = 2 \times 0.131 \text{ kV} = 0.27 \text{ kV}$ ，包含因子 $k = 2$ ；

波前时间(0.2  $\mu\text{s}$ 点)： $U = ku_c = 2 \times 0.0092 \mu\text{s} = 0.019 \mu\text{s}$ ，包含因子 $k = 2$

## 附录B

## 高压绕组匝间绝缘冲击电压试验仪校准记录

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	不确定度/准确度等级/最大允许误差

## 1、冲击电压峰值

量程	示值	实测值	误差

## 2、波前时间

标称值	实测值	误差

## 3、冲击电压波对称性

通道		
实测值		
波形对称性偏差		

## 4、波形重合性检查

次数	1	2	3
实测值			
波形重合性偏差			

## 5、波形面积相对差异量 \_\_\_\_\_

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

