



中华人民共和国工业和信息化部  
电子计量技术规范

JJFZ (电子) 017—2022

---

避雷器放电计数器校验仪  
校准规范

Calibration Specification for Arrester discharge counter calibrators

(报批稿)

20XX-××-××发布

20XX-××-××实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 避雷器放电计数器校验仪 校准规范

Calibration Specification for Arrester  
discharge counter calibrators

JJFZ (电子) 017—2022

归口单位：中国电子技术标准化研究院

主要起草单位：广电计量检测集团股份有限公司

国家电投集团广西电力有限公司

参与起草单位：广电计量检测(深圳)有限公司

广西卓洁电力工程检修有限公司

广东电网有限责任公司汕头供电局

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

朱镇杰（广电计量检测集团股份有限公司）  
胡在春（国家电投集团广西电力有限公司）  
吕东瑞（广电计量检测集团股份有限公司）  
张 辉（广电计量检测集团股份有限公司）

参加起草人：

江贤志（广电计量检测(深圳)有限公司）  
韦焕林（国家电投集团广西电力有限公司）  
陈东林（广西卓洁电力工程检修有限公司）  
陈 昕（广东电网有限责任公司汕头供电局）



# 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 波前时间 .....	1
3.2 持续时间 .....	1
4 概述 .....	2
5 计量特性要求 .....	2
5.1 直流电压 .....	2
5.2 短路电流峰值 .....	2
5.3 短路电流波前时间 .....	2
5.4 短路电流持续时间 .....	2
5.5 交流电流 .....	2
6 校准条件 .....	3
6.1 环境条件 .....	3
6.2 测量标准及其他设备 .....	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 原始记录格式 .....	8
附录 B 证书内页格式 .....	10
附录 C 测量结果的不确定度评定示例 .....	12

## 引言

本规范依据国家计量技术规范 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》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

# 避雷器放电计数器校验仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于避雷器放电计数器校验仪（以下简称校验仪）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1741-2019 浪涌(冲击)模拟器校准规范

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术浪涌（冲击）抗扰度试验

JB/T 10492-2011 金属氧化物用避雷器监测装置

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 波前时间 front time

一个为 10%峰值和 90%峰值两点之间所对应时间间隔  $T_r$  的 1.25 倍的虚拟参数，单位为  $\mu\text{s}$ ，如图 1 所示。

[GB/T 17626.5-2019，术语和定义 3.1.11.2]

### 3.2 持续时间 duration

一个为从上升到峰值电流的一半，到下降到峰值电流的一半，两者之间的时间间隔  $T_w$  的 1.18 倍的虚拟参数，单位为  $\mu\text{s}$ ，如图 1 所示。

[GB/T 17626.5-2019，术语和定义 3.1.8.2]

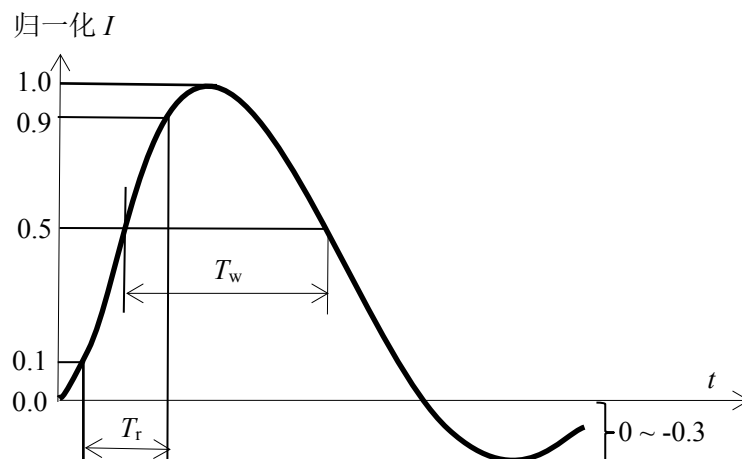


图 1 短路电流波形示意图 (8/20 $\mu\text{s}$ )

## 4 概述

校验仪用于校验各种避雷器计数器动作的可靠性及监测器泄漏电流表头的准确性。校验仪主要由数据处理单元、DAC 数模转换器、高压发生器、放电开关、信号调理放大器、人机交互单元、供电单元等组成，其基本原理框图如图 2 所示。

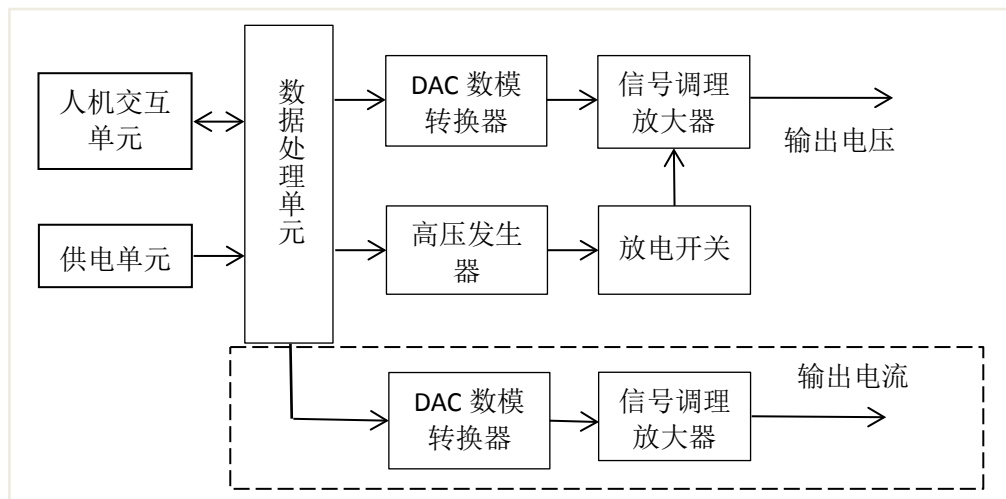


图 2 校验仪基本原理框图

## 5 计量特性要求

### 5.1 直流电压

输出范围：(200~2000)V，最大允许误差：±3%。

### 5.2 短路电流峰值

≥100A；

其短路电流下冲不应大于短路电流峰值  $I_{peak}$  的 30%。

### 5.3 短路电流波前时间

标称值：8μs，最大允许误差：±20%。

### 5.4 短路电流持续时间

标称值：20μs，最大允许误差：±20%。

### 5.5 交流电流

输出范围：(0.1~30)mA，50Hz，最大允许误差：±1%。

注：以上技术指标不作为合格性判断依据，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度:  $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度:  $\leq 80\%$ 。

6.1.3 由市电供电的校验仪, 电源有如下要求:

电压:  $(220\pm 22)\text{V}$ ; 频率:  $(50\pm 2.5)\text{Hz}$ 。

6.1.4 其他: 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械振动。

### 6.2 测量标准及其他设备

#### 6.2.1 交流数字电流表

测量范围:  $(0.1\sim 50)\text{mA}$ ,  $50\text{Hz}$ ;

最大允许误差:  $\pm 0.2\%$ 。

#### 6.2.2 直流数字高压表

测量范围:  $(0.1\sim 5)\text{kV}$ ;

最大允许误差:  $\pm 1\%$ 。

#### 6.2.3 电流转换器

脉冲电流峰值测量范围:  $(10\sim 2000)\text{A}$ ;

转换系数最大允许误差:  $\pm 2\%$ ;

带宽不小于  $1\text{MHz}$ 。

#### 6.2.4 数字示波器

直流增益最大允许误差:  $\pm 1.5\%$ ;

带宽不低于  $100\text{MHz}$ ;

时基最大允许误差:  $\pm 1\times 10^{-3}$ 。

## 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 校准项目表

序号	校准项目	条款
1	外观及功能检查	7.2.1
2	直流电压	7.2.2

序号	校准项目	条款
3	短路电流峰值	7.2.3
4	短路电流波前时间	7.2.4
5	短路电流持续时间	7.2.5
6	交流电流	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观及功能检查

被校校验仪外观应完好，无影响正常工作的机械损伤，其附件应齐全。各种按键、开关应有保证正确使用的标志，检查各种调节旋钮、按键应灵活可靠。

设置被校校验仪的输出动作次数为3次（或根据客户实际需求设置次数），启动输出后被校校验仪能够输出对应动作次数的标准冲击电流信号且数字示波器采集到的短路电流峰值均应不小于100A。检查结果记录于附录 A 表 A.1 中。

7.2.2 直流电压

接线如图 3 所示，将被校校验仪的电压输出端与直流数字高压表的电压测量端相连接。对不可调压输出的校验仪，各电压量程档均进行校准；对可调压输出的校验仪，在电压量程范围内均匀选取至少 3 个校准点，应包括 900V、1200V、1600V 点。按照选取的校准点设置被校校验仪输出直流电压值  $U_n$ ，读取直流数字高压表示值  $U_x$ ，记录于附录 A 表 A.2 中。按公式（1）计算直流电压示值误差。

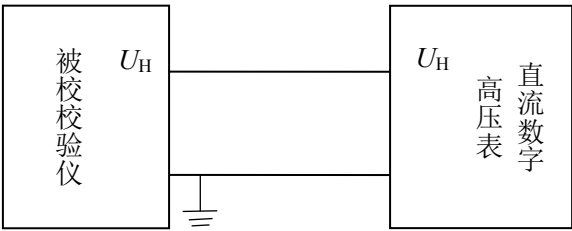


图 3 直流电压校准接线图

$$\gamma = \frac{U_n - U_x}{U_x} \times 100\%$$

(1)

式中：

$\gamma$  ——直流电压的示值相对误差，用百分数表示；

$U_n$  ——被校校验仪的直流电压设定值，V；

$U_x$  ——直流数字高压表的直流电压示值，V。

### 7.2.3 短路电流峰值

接线如图4所示,短路线(尽可能短,电阻应小于 $0.1\Omega$ )穿过电流转换器的感应端,设置数字示波器带宽为低通20MHz,输入阻抗 $1M\Omega$ ,交流耦合,使一个完整的短路电流波形显示于数字示波器的屏幕中央,波形示意图如图1所示。并读取短路电流波形的峰值电压 $U_{peak}$ ,按公式(2)计算短路电流峰值 $I_{peak}$ ,其短路电流下冲不应大于短路电流峰值 $I_{peak}$ 的30%。根据7.3直流电压选取的校准点,测试不同设定电压下的短路电流峰值,数据记录于附录A表A.3中。

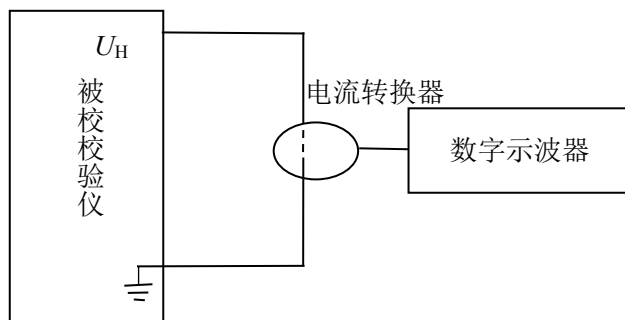


图4 短路电流峰值校准接线示意图

$$I_{peak} = K \times U_{peak} \quad (2)$$

式中:

$I_{peak}$ ——被校校验仪短路电流峰值, A;

$U_{peak}$ ——被校校验仪短路电流峰值电压, V;

$K$ ——电流转换器交流电流/电压转换比例系数, A/V。

### 7.2.4 短路电流波前时间

按照7.4进行连接、设置,调节数字示波器使一个完整的上升沿波形显示于屏幕中央。测量峰值10%到90%的时间间隔 $T_r$ ,按公式(3)计算短路电流波前时间的示值误差。根据7.3直流电压选取的校准点,测试不同设定电压下的短路电流波前时间,数据记录于附录A表A.4中。

$$\gamma = \frac{1.25 \times T_r}{T_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$\gamma$ ——短路电流波前时间的相对误差,用百分数表示;

$T_s$ ——短路电流波前时间标称值,  $\mu\text{s}$ 。

### 7.2.5 短路电流持续时间

按照7.4进行连接、设置, 调节数字示波器使一个完整的脉冲波形显示于屏幕中央。测量短路电流上升到50%峰值和下降到50%峰值两点之间所对应的时间间隔 $T_w$ , 按公式

(4) 计算短路电流持续时间 $T_d$ 的示值误差。根据7.3直流电压选取的校准点, 测试不同设定电压下的短路电流持续时间, 数据记录于附录A表A.5中。

$$\gamma = \frac{1.18 \times T_w}{T_x} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

$\gamma$ ——短路电流持续时间的相对误差, 用百分数表示;

$T_x$ ——短路电流持续时间标称值,  $\mu\text{s}$ 。

### 7.2.6 交流电流

接线如图 5 所示, 将被校校验仪的电流输出端与交流数字电流表的电流测量端相连接。在电流量程范围内均匀选取至少 3 个校准点, 按照选取的校准点设置被校校验仪输出交流电流值 $I_n$ , 读取交流数字电流表示值 $I_x$ , 记录于附录 A 表 A.6 中。按公式 (5) 计算交流电流的示值误差。

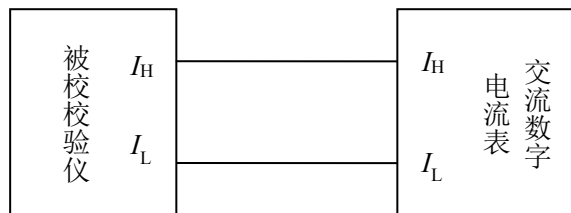


图 5 交流电流校准接线图

$$\gamma = \frac{I_n - I_x}{I_x} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

$\gamma$ ——交流电流的示值相对误差, 用百分数表示;

$I_n$ ——被校校验仪的交流电流示值, A;

$I_x$ ——交流数字电流表的交流电流示值, A。

## 8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。校准证书应至少包含以下信息：

- 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) 被校准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

建议复校时间间隔一般为 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此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

## 原始记录格式

## A.1 外观及功能检查

外观及通电检查: \_\_\_\_\_

计数动作次数检查: \_\_\_\_\_

## A.2 直流电压

电压设定值 / V	实测值 / V	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )

## A.3 短路电流峰值

电压设定值 / V	短路电流 峰值实测值 / A	短路电流 峰值允许值 / A	短路电流 下冲 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )
		$\geq 100$		

## A.4 短路电流波前时间

电压设定值 / V	标称值 / $\mu\text{s}$	实测值 / $\mu\text{s}$	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )
	8			

## A.5 短路电流持续时间

电压设定值 / V	标称值 / $\mu\text{s}$	实测值 / $\mu\text{s}$	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )
	20			

## A.6 交流电流

标称值 / mA	实测值 / mA	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )

## 附录 B

## 校准证书内页格式

## B.1 外观及功能检查

外观及通电检查: \_\_\_\_\_

计数动作次数检查: \_\_\_\_\_

## B.2 直流电压

电压设定值 / V	实测值 / V	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )

## B.3 短路电流峰值

电压设定值 / V	短路电流 峰值实测值 / A	短路电流 峰值允许值 / A	短路电流 下冲 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )
		$\geq 100$		

## B.4 短路电流波前时间

电压设定值 / V	标称值 / $\mu\text{s}$	实测值 / $\mu\text{s}$	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )
	8			

## B.5 短路电流持续时间

电压设定值 / V	标称值 / $\mu\text{s}$	实测值 / $\mu\text{s}$	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )
	20			

## B.6 交流电流

标称值 / mA	实测值 / mA	示值误差 / %	测量不确定度 ( $k=2$ )

## 附录 C

## 测量结果的不确定度评定示例

## C.1 直流电压测量结果不确定度评定

## C.1.1 测量模型

按规范校准方法接线，调节被校校验仪输出至校准点，读取直流数字高压表的电压示值，测量模型如公式 C.1 所示。

$$\Delta V = V_n - V_x \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta V$  ——电压示值绝对误差，V；

$V_n$  ——被校校验仪的电压示值，V；

$V_x$  ——直流数字高压表的电压示值，V。

不确定度传播公式及灵敏度系数，依照公式：

$$u_c^2(\Delta) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 \cdot u^2(x_i) \quad (\text{C.2})$$

由于  $V_n$ 、 $V_x$  独立不相关，由不确定度传播公式(C.2)得到：

$$u_c^2(\Delta V) = c_1^2 u^2(V_n) + c_2^2 u^2(V_x)$$

则式中灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta V}{\partial V_n} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta V}{\partial V_x} = -1$$

## C.1.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：测量重复性，标准器引入的不确定度分量，被测仪器示值分辨力引入的不确定度分量，环境条件（温度、湿度、电源、电磁场）影响引起的不确定度分量等。测量是在规程规定的环境条件下进行，环境条件影响引起的不确定度分量可忽略不计。

## C.1.3 标准不确定度的评定

C.1.3.1 测量重复性引入的不确定度  $u(V_x)$ 

按上述方法，被校校验仪输出直流电压 900V，对被校校验仪（型号 RYC 避雷器

放电计数器校验仪) 在短时间内重复测量 10 次, 实测值如下:

序号	1	2	3	4	5	平均值
实测值(V)	895.8	896.2	896.8	895.5	896.9	896.66
序号	6	7	8	9	10	
实测值(V)	898.4	894.5	896.1	897.8	898.2	

根据贝塞尔公式计算实验标准偏差:

$$s_n(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 1.25V$$

因此重复性测量引入标准不确定度为:

$$u(V_x) = s_n(x) = 1.25V$$

#### C.1.3.2 直流数字高压表引入的标准不确定度 $u(V_n)$

直流数字高压表经校准符合技术指标要求, 通过查询说明书得知, 在直流电压 900V 时的最大允许误差为:  $\pm(0.2\% \text{测量值} + 0.2V) = \pm(0.2\% \times 900V + 0.2V) = \pm 2V$ , 在区间视其为均匀分布, 置信因子  $k = \sqrt{3}$ , 因此:

$$u(V_n) = 2V / \sqrt{3} = 1.16V$$

#### C.1.3.3 被校校验仪示值分辨力引入的不确定度 $u(\delta V_x)$

被校校验仪在直流电压 900V 时示值分辨力为 1V, 视其为均匀分布, 置信因子  $k = \sqrt{3}$ , 因此:

$$u(\delta V_x) = 1V / 2\sqrt{3} = 0.29V$$

### C.1.4 合成标准不确定度

#### C.1.4.1 标准不确定度分量如表 C1 所示。

表 C1 标准不确定度分量一览表

输入量	标准不确定度来源	概率分布	灵敏度系数	不确定度分量
$u(V_x)$	测量重复性引入	正态分布	1	1.25V
$u(V_s)$	直流数字高压表引入	均匀分布	-1	1.16V
$u(\delta V_x)$	被校校验仪示值分辨力引入 (舍去)	均匀分布	1	0.29V

#### C.1.4.2 合成标准不确定度的计算

由于重复性测量和被校仪器分辨力对测量不确定度的贡献存在重复, 因此在合成

标准不确定度时将二者中较小值舍去，则合成标准不确定为：

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{c_1^2 u^2(V_x) + c_2^2 u^2(V_s)} = 1.64 \text{V}$$

### C.1.5 扩展不确定度

取  $k=2$ ，则  $U = k u_c = 3.3 \text{V}$

其相对扩展不确定度： $U_{\text{rel}} = 0.4\%$ ， $k=2$

## C.2 短路电流峰值测量结果不确定度评定

### C.2.1 测量模型

按规范校准方法接线，设置数字示波器带宽为低通 20MHz，输入阻抗  $1 \text{M}\Omega$ ，交流耦合，从示波器上读取脉冲波形的峰值电压值  $U_{\text{peak}}$ ，计算短路电流峰值，测量模型如公式 C.3 所示。

$$I_{\text{peak}} = K \times U_{\text{peak}} \quad (\text{C.3})$$

式中：

$I_{\text{peak}}$ ——被校校验仪短路峰值电流，A；

$U_{\text{peak}}$ ——数字示波器实测峰值电压，V；

$K$ ——电流探头交流电流/电压转换比例系数， $1000 \text{A/V}$ 。

由于  $K$ 、 $U_{\text{peak}}$  独立不相关，由公式(C.3)得到：

$$u_c^2(I_{\text{peak}}) = c_1^2 u^2(K) + c_2^2 u^2(U_{\text{peak}})$$

则式中灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial I_{\text{peak}}}{\partial K} = U_{\text{peak}}, \quad c_2 = \frac{\partial I_{\text{peak}}}{\partial U_{\text{peak}}} = K$$

### C.2.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：测量重复性，标准器引入的不确定度分量，被测仪器示值分辨力引入的不确定度分量，环境条件（温度、湿度、电源、电磁场）影响引起的不确定度分量等。测量是在规程规定的环境条件下进行，环境条件影响引起的不确定度分量可忽略不计。

### C.2.3 标准不确定度的评定

#### C.2.3.1 测量重复性引入的不确定度 $u_1$

按上述方法对短路峰值电流连续测量 10 次，数据如下：

序号	1	2	3	4	5	平均值
实测值(A)	134.4	134.6	133.8	134.4	133.8	134.16
序号	6	7	8	9	10	
实测值(A)	134	134.4	134.2	133.8	134.2	

根据贝塞尔公式计算实验标准偏差：

$$s_n(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.3A$$

因此重复性测量引入的标准不确定度为： $u_1=s_n(x)=0.3A$ 。

#### C.2.3.2 数字示波器测量电压引入的标准不确定度 $u(U_{\text{peak}})$

通过查询说明书得知，数字示波器测量电压的最大允许误差为：

$$\pm 1.5\% \times 0.134V = \pm 0.002V$$

在区间视其为均匀分布，置信因子  $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u(U_{\text{peak}}) = 0.002V / \sqrt{3} = 0.0012V$$

#### C.2.3.3 电流变换器转换系数误差引入的不确定度 $u(K)$

电流变换器转换系数最大允许误差为  $\pm 2\% \times 1000A/V = \pm 20A/V$ ，视其为均匀分布，

置信因子  $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u(K) = 20A/V / \sqrt{3} = 11.5A/V$$

### C.2.4 合成标准不确定度

#### C.2.4.1 标准不确定度分量如表 C2 所示。

表 C2 标准不确定度分量一览表

输入量	标准不确定度来源	概率分布	灵敏度系数	不确定度分量
$u_1$	测量重复性引入	正态	1	0.3A
$u(U_{\text{peak}})$	数字示波器测量误差引入	均匀	1000A/V	0.0012V
$u(K)$	电流变换器测量误差引入	均匀	0.134V	11.5A/V

#### C.2.4.2 合成不确定度的计算

上述标准不确定度分量独立不相关，则合成不确定度

$$\begin{aligned}
 u &= \sqrt{u_1^2 + c_1^2 u^2(K) + c_2^2 u^2(U_{\text{peak}})} \\
 &= \sqrt{(0.3\text{A})^2 + (1000\text{A/V} \times 0.0012\text{V})^2 + (0.134\text{V} \times 11.5\text{A/V})^2} \\
 &= 1.57\text{A}
 \end{aligned}$$

### C.2.5 扩展不确定度的计算

取  $k=2$ ，则  $U = ku = 2 \times 1.57\text{A} = 3.15\text{A}$

其相对扩展不确定度： $U_{\text{rel}} = 2.4\%$ ， $k=2$

## C.3 短路电流持续时间测量结果不确定度评定

### C.3.1 测量模型

按规范校准方法接线，设置和调节数字示波器使一个完整的脉冲波形显示于屏幕中央，读取数字示波器的时间测量值，测量模型如公式 C.4 所示。

$$t_d = 1.18 \times t_r \quad (\text{C.4})$$

式中：

$t_d$ ——被校校验仪短路电流持续时间实测值， $\mu\text{s}$ ；

$t_r$ ——数字示波器测量峰值10%到90%的时间间隔， $\mu\text{s}$ 。

由于  $t_r$ 、 $t_d$  独立不相关，则灵敏系数：

$$u_c^2(t_d) = c_1^2 u^2(t_r), \quad c_1 = \frac{\partial t_d}{\partial t_r} = 1$$

### C.3.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：测量重复性，标准器引入的不确定度分量，被测仪器示值分辨力引入的不确定度分量，环境条件（温度、湿度、电源、电磁场）影响引起的不确定度分量等。测量是在规程规定的环境条件下进行，环境条件影响引起的不确定度分量可忽略不计。

### C.3.3 标准不确定度的评定

#### C.3.3.1 测量重复性引入的不确定度 $u(t_x)$ 。

按上述方法对时间参数连续测量 10 次，数据如下：

序号	1	2	3	4	5	平均值
实测值( $\mu\text{s}$ )	18.86	18.78	18.75	18.65	18.81	18.751
序号	6	7	8	9	10	
实测值( $\mu\text{s}$ )	18.67	18.54	18.75	18.97	18.73	

根据贝塞尔公式计算实验标准偏差:

$$s_n(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.12 \mu\text{s}$$

因此重复性测量引入标准不确定度为  $u(t_x) = s_n(x) = 0.12 \mu\text{s}$ 。

#### C.3.3.2 数字示波器分辨力引入的标准不确定度 $u_2$ 。

数字示波器测量  $20 \mu\text{s}$  时, 分辨力为  $0.01 \mu\text{s}$ , 视其为均匀分布, 置信因子  $k = \sqrt{3}$ , 因此不确定度为  $u_2 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \mu\text{s} = 0.006 \mu\text{s}$ 。

#### C.3.3.3 数字示波器测量时间准确度引入的标准不确定度 $u_3$ 。

数字示波器测量时间最大允许误差为  $\pm 1 \times 10^{-3}$ , 视其为均匀分布, 置信因子  $k = \sqrt{3}$ , 因此不确定度为  $u_3 = \frac{1}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} \mu\text{s} = 0.58 \times 10^{-3} \mu\text{s}$ 。

### C.3.4 合成标准不确定度

#### C.3.4.1 标准不确定度分量如表 C3 所示。

表 C3 标准不确定度分量一览表

输入量	标准不确定度来源	概率分布	灵敏度系数	不确定度分量
$u(t_x)$	测量重复性引入	正态分布	1	$0.12 \mu\text{s}$
$u_2$	数字示波器分辨力不足引入	均匀分布	1	$0.006 \mu\text{s}$
$u_3$	数字示波器时间测量误差引入	均匀分布	1	$0.58 \times 10^{-3} \mu\text{s}$

#### C.3.4.2 合成不确定度的计算

上述标准不确定度分量独立不相关, 则合成标准不确定为:

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = 0.13 \mu\text{s}$$

### C.3.5 扩展不确定度的计算

取  $k=2$ , 则  $U = k u_c = 0.26 \mu\text{s}$

其相对扩展不确定度:  $U_{\text{rel}} = 1.3\%$ ,  $k=2$