

**中华人民共和国工业和信息化部**

**机械计量技术规范**

**JJFZ（机械）018—2019**

**电力线感应/接触试验发生器校准规范**

**Calibration Specification of Glow-wire test instrument**

**（送审稿）**

**20XX-XX-XX发布 20XX-XX-XX实施**

中华人民共和国工业和信息化部发布



**JJFZ（机械）018-2019**

**电力线感应/接触试验发生器**

**校准规范**

**Calibration Specification of**

**Glow-wire test instrument**

**归 口 单 位**：中华人民共和国工业和信息化部

**起 草 单 位**：上海电器科学研究所（集团）有限公司

机械工业第十五计量测试中心站

上海电科智能装备科技有限公司

中华人民共和国工业和信息化部发布

本规范主要起草人： 丁礼人

参加起草人： 陈勤、安平

本规范条文由全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

目 录

引言

[1 范围 （7）](#_Toc62462764)

[2 引用文献 （7）](#_Toc62462765)

[3 术语 （7）](#_Toc62462766)

[3.1 术语和定义 （7）](#_Toc62462767)

[3.2 符号及缩略语 （7）](#_Toc62462768)

[4 概述 （7）](#_Toc62462769)

[5 计量特性 （7）](#_Toc62462770)

[5.1 外观及性能检查 （7）](#_Toc62462771)

[5.2 技术要求 （8）](#_Toc62462772)

[5.2.1 电力线感应试验 （8）](#_Toc62462773)

[5.2.2 电力线接触试验 （8）](#_Toc62462774)

[5.2.3 发生器试验电压示值误差 （8）](#_Toc62462775)

[5.2.4 发生器限流电阻示值误差 （8）](#_Toc62462776)

[5.2.5 发生器试验时间示值误差 （8）](#_Toc62462777)

[5.2.6 发生器Wsp值误差 （9）](#_Toc62462778)

[5.3 安全性 （9）](#_Toc62462779)

[5.3.1 绝缘电阻 （9）](#_Toc62462780)

[5.3.2 耐压强度 （9）](#_Toc62462781)

[5.3.3 泄漏电流 （9）](#_Toc62462782)

[6 校准条件与校准设备 （9）](#_Toc62462783)

[6.1 环境条件 （9）](#_Toc62462784)

[6.2 标准器及其他设备 （9）](#_Toc62462785)

[7 校准项目和校准方法 （10）](#_Toc62462786)

[7.1 试验电压校准 （10）](#_Toc62462787)

[7.2 限流电阻校准 （10）](#_Toc62462788)

[7.3 试验时间校准 （10）](#_Toc62462789)

[7.4 Wsp值校准 （10）](#_Toc62462790)

[8 校准结果表达 （11）](#_Toc62462791)

[9 复校时间间隔 （12）](#_Toc62462792)

[附录A 校准证书格式 （13）](#_Toc62462793)

[附录B 不确定度评定 （14）](#_Toc62462794)

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》编制。

本规范是首次制定的行业计量校准规范。

**电力线感应/接触试验发生器校准规范**

# **范围**

本规范适用于电力线感应/接触试验发生器计量性能的校准。

其他类似仪器也可参照本规范进行校准。

# **引用文献**

YD/T993-2006《电信终端设备防雷技术要求及试验方法》

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(包括所有的修改版)适用于本规范。

# **术语**

# 术语和定义

YD/T993-2006中确立的术语和定义适用于本规范。

# 符号及缩略语

下列符号适用于本规范；将下列电力线感应/接触试验发生器缩略为试验发生器。

Wsp----特定能量，它用来衡量电力线感应能量的大小，Wsp=(Iac)2×t；

R----限流电阻；Uac----工频电压有效值；t----试验时间

# **概述**

电力线感应/接触试验发生器主要用于电力线感应试验和电力线接触试验。电力线感应试验和电力线接触试验是YD/T993-2006电信终端设备防雷技术要求及试验方法的主要试验内容之一。其中电力线感应试验模拟电力线路或电气化铁道系统对相邻通信线路的干扰，电力线接触试验模拟电力线路与通信线路的直接接触。

电力线感应/接触试验针对电信终端设备的双绞线端口和外部交流或直流专用电源端口进行试验。试验类型分为三种，分别是横向试验（线-线）、纵向试验（外部端口-地/内部端口-地）以及外部端口对外部端口的试验。

电力线感应试验涉及项目参数：Wsp(max)=10A2s；f=50Hz；Uac=220V；t：(0.1~2)s；限流电阻R=200Ω、600Ω，设备应能承受10A2s分解线或线下的各种电压/时间组合。

电力线接触试验涉及项目参数：Uac(max)≤1500；t：(0～15)min；限流电阻R=10Ω、20Ω、40Ω、80Ω、160Ω、300Ω、600Ω、1000Ω。

本校准规范主要适用于各类电力线感应/接触试验发生器的整体校准。

# **计量特性**



# 外观及性能检查

试验发生器的外形结构应完好，表面不应有明显的凹痕、外伤、裂痕和变形等现象。电源开关动作正常，按钮开关的动作应明确。

# 技术要求

# 发生器试验电压示值误差

发生器试验电压示值误差按下式（1）计算

Δ= ×100% 式（1）

式（1）中：Δ-试验电压示值误差

Un-测量标准测得的电压实际值

Ux-发生器的电压显示值

发生器的试验电压示值误差一般不超过±3%

# 发生器限流电阻示值误差

发生器试验电阻示值误差按下式（2）计算

Δ= ×100% 式（2）

式（2）中：Δ-试验电阻示值误差

Rn-测量标准测得的电阻实际值

Rx-发生器的电阻显示值

发生器的试验电阻示值误差一般不超过±3%

# 发生器试验时间示值误差

发生器试验时间示值误差按下式（3）计算

Δ= ×100%

式（3）中：Δ-试验时间示值误差

tn-测量标准测得的时间实际值

tx-发生器的时间设定值

当发生器的试验时间示值(t≥1s时)，其误差一般不超过±1%；当发生器的试验时间示值(t＜1s时)，其误差一般不超过±5%。

# 发生器Wsp值误差

发生器Wsp值误差按下式（4）计算

Δ= ×100% 式（4）

式中：Δ-试验Wsp值误差

Wspn-测量标准测得的Wsp值

Wspx-发生器的Wsp值

按公式Wsp=(Iac)2×t计算得出的出Wsp值，误差一般不超过±5%。

# 安全性

# 绝缘电阻

发生器的外壳(机箱或机柜)与电源线之间的绝缘电阻用500V兆欧表测量时不小于10MΩ。

# 耐压强度

发生器的外壳(机箱或机柜)与电源线之间应能承受1.5kV工频电压试验1min，无飞弧和击穿现象。

# 泄漏电流

发生器在工频250V电压下，输入电源与外壳之间的泄漏电流不大于5mA。

# **校准条件与校准设备**

# 环境条件

* + 1. 温度：（15～35）℃；相对湿度：≤75%RH
    2. 供电电源：电压 220（1±5%）V，频率50（1±1%）Hz

# 标准器及其他设备

* + 1. 数字多用表

数字多用表测量发生器交流电压以及电阻的输出值，其电压最大允许误差应优于±0.5%读数；电阻最大允许误差应优于±0.5%读数；电流最大允许误差应优于±0.5%读数。

* + 1. 电压互感器

电压互感器的作用是将高电压转换成相对比较低的电压，以便使用数字多用表测量发生器交流电压输出值，其最大允许误差应优于±0.5%读数。

* + 1. 数字毫秒计

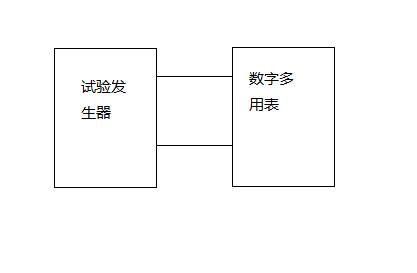
数字毫秒计的作用是记录电流输入数字毫秒计的时长，从而用来进行时间测试。其最大允许误差优于±1.0%读数

# **校准项目和校准方法**



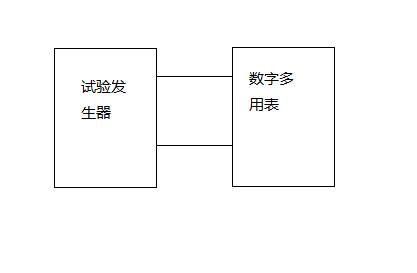
# 试验电压校准

在试验发生器能正常工作的情况下，将数字多用表接入发生器的电压接口，直接测量试验电压的输出值，如下图所示，当电压大于1000V时，将电压互感器接入电压接口，使用数字多用表测量电压互感器衰减后的电压值，按电压互感器的变比计算出实际电压值。试验电压可选取量程的20%，40%，60%，80%，100%作为本校准项目的输出值，最后将电压测量数据记录在附录B的校准原始记录中。



# 限流电阻校准

将试验发生器设置在接触试验模式下，将试验电压设置至最低电压，时间设置至60s（或最长时长），将限流电阻设置于需要测量的电阻值，使用数字多用表测量电阻值，如下图所示，限流电阻R分别为10Ω、20Ω、40Ω、80Ω、160Ω、200Ω、300Ω、600Ω、1000Ω。将电阻测量数据记录在附录B的校准原始记录中。

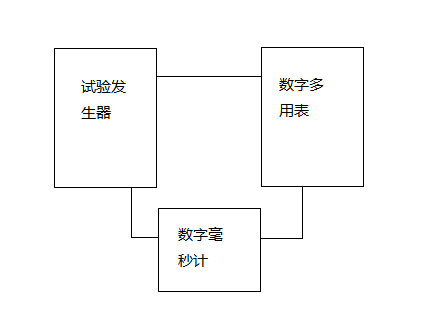


# 试验时间校准

将试验发生器设置在接触试验模式下，将试验电压设置至正常工作电压，限流电阻设置为最小电阻，将试验时间设置于需要测量的时间值，使用数字毫秒计测量其时间，重复3次，算出平均值。试验时间可选取0.1s、2s、10s、60s及 10min作为本校准项目的校准值。最后将时间测量数据记录在附录B的校准原始记录中。

# Wsp值校准

将试验发生器设置在感应试验模式下，将试验发生器的输出端短路，设置其试验电压、限流电阻以及相应的试验时间，试验发生器将计算出相对应的Wsp值，使用数字多用表及数字毫秒计，同时记录下其短路电流值及试验时间，如下图所示，按公式Wsp=(Iac)2×t计算出实际的Wsp值。将Wsp测量数据记录在附录B的校准原始记录中。



# **校准结果表达**

校准结果应在校准证书（报告）上反应，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（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；

n) 校准证书和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声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

经校准后的仪器应出具校准证书，内容见附录A、测量不确定度的评定见附录B。

# **复校时间间隔**

校准时间间隔由用户根据使用情况自行确定，建议复校时间间隔不超过1年。修理或调整后，应经校准才能使用。

# 

# **附录A 校准证书格式**

电力线感应/接触试验发生器校准记录参考格式

委托单位： 地址：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器名称 |  | | | | 证书编号 |  |
| 制造厂 |  | 型号规格 |  | | 出厂编号 |  |
| 标准器名称 |  | 标准器编号 |  | | 证书有效期 |  |
| 测量范围 |  | 不确定度（或准确度  等级或最大允许误差 | |  | | |
| 校准依据 |  | 温度 |  | | 湿度 |  |

1.外观及性能检查：

2 电压：

|  |  |
| --- | --- |
| 显示值（V） | 实际值（V） |
|  |  |
|  |  |

3.限流电阻：

|  |  |
| --- | --- |
| 设定值（Ω） | 实际值（Ω） |
|  |  |
|  |  |

4.试验时间：

|  |  |
| --- | --- |
| 设定值（s） | 实际值（s） |
|  |  |
|  |  |

5.Wsp值：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设定值（A2s） | 短路电流（A） | 试验时间（s） | 实际值（A2s） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

校准 年 月 日 核验 年 月 日

# 

# **附录B 不确定度评定**

**一 试验电压示值误差测量结果的不确定度评定**

**1 概述**

1.1 测量依据：CLJF-47-2018《电力线感应/接触试验发生器校准规范》

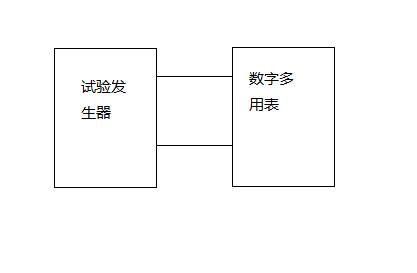
1.2 环境条件：温度：（15～35）℃ 相对湿度：≤75%RH

1.3 测量标准：数字多用表，交流电压准确度：±（0.06%读数+0.03%量程）。

电压互感器，准确度：0.1级。

1.4 被测对象：电力线感应/接触试验发生器，试验电压最大允许误差：±3%。

1.5 测量过程：校准接线见下图，由试验发生器输出电压值，使用数字多用表测量该电压值，从而计算出试验发生器的试验电压示值误差。



试验电压校准接线图

1.6 评定结果的使用：在符合上述条件的情况下，可以使用本不确定度的评定方法。

**2 数学模型**

Δ*U*=*U*x-*U*n

式中： Δ*U*——试验电压示值误差。

*U*x——试验发生器的电压显示值。

*U*n——数字多用表测得的电压实际值。

**3 标准不确定度的评定**

根据数学模型，测量不确定度的主要来源有

1. 被校试验发生器的测量重复性引入的不确定度*u*(*U*x)
2. 数字多用表误差引入的不确定度*u*(*U*n)

3.1 被校试验发生器的测量重复性引入的不确定度*u*(*U*x)的评定

*u*(*U*x)可以通过连续测量得到的测量列，采用A类方法进行评定。

在220V测量点上，各连续测量10次，分别得到测量列、平均值、单次测量标准差见表1。

表1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 示值（V） | 220.9 | 220.7 | 220.6 | 220.7 | 220.8 | 220.7 | 220.8 | 220.6 | 220.7 | 220.9 |

平均值=220.74V；n=10

单次实验标准差：=0.107V：

则*u*(*U*x)=s=0.107V。

在1500V测量点上，各连续测量10次，分别得到测量列、平均值、单次测量标准差见表1。

表2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 示值（V） | 1501 | 1501 | 1501 | 1501 | 1502 | 1501 | 1502 | 1501 | 1501 | 1502 |

平均值=1501.3V；n=10

单次实验标准差: =0.483V

则*u*(*U*x)=s=0.483V。

3.2 数字多用表误差引入的不确定度*u*(*U*n)的评定

当220V为测量点时，输入量*u*(*U*n)标准不确定度主要来源于数字多用表的测量误差，可采用B类方法进行评定。数字多用表1000V量程档误差限为±（0.06%读数+0.03%量程），按均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则220V测量点的标准不确定度*u*(*U*n)由公式得出：*u*(*U*n)=0.432/≈0.249V

可当测量电压高于1kV时，则输入量*u*(*U*n)的标准不确定度主要来源于8846A数字多用表与电压互感器的测量误差，其测量时需将高电压电压转换成相对低的电压，即电压互感器配合数字多用表使用，则可采用B类方法进行评定。电压互感器的准确度0.1级，数字多用表1000V量程档误差为±（0.06%读数+0.03%量程），按均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则当电压为1500V测量点的标准不确定度*u*(*U*n)由公式得出：

则1500V：*u*(*U*n)=*=*0.890V

**4 合成标准不确定度的评定**

4.1 灵敏系数

数学模型 Δ*U*=*U*x-*U*n

灵敏系数 c1 =∂Δ*U*/∂*U*x =1

c2 =∂Δ*U*/∂*U*n =-1

4.2 标准不确定度汇总表

输入量的标准不确定度汇总于表3

表3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(*X*i) | 测量点 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | *c*i | ︱*c*i︱*u*(*X*i) |
| *u*(*U*x) | 220V | 被校试验发生器的测量重复性 | 0.107V | 1 | 0.107V |
| 1500V | 0.483V | 1 | 0.483V |
| *u*(*U*n) | 220V | 数字多用表误差 | 0.249V | -1 | 0.249V |
| 1500V | 数字多用表误差及电压互感器 | 0.890V | -1 | 0.890V |

4.3 合成标准不确定度的计算

输入量*u*(*U*x)与*u*(*U*n)彼此独立，合成标准不确定度可按下式得到

则220V：*u*c(Δ*U*)=0.271V

1500：*u*c(Δ*U*)=1.01V

**5 扩展不确定度的报告**

取*k*=2，置信水平约为95％,扩展不确定度*U*=*k*·*u*c(Δ*U*)

则220V测量点的扩展不确定度为：*U*=0.542V≈0.55V

则1500V测量点的扩展不确定度为：*U*=2.02V≈2.1V

**6 不确定度的报告与表示**

电力线感应/接触试验发生器试验电压为220V时，试验电压示值测量结果的扩展不确定度为：*U*=0.55V，*k*=2；换算成相对扩展不确定度：*U*rel=2.5×10-3，*k*=2

电力线感应/接触试验发生器试验电压为1500V时，试验电压示值测量结果的扩展不确定度为：*U*=2.1V，*k*=2；换算成相对扩展不确定度：*U*rel=1.4×10-3，*k*=2

**7 校准测量能力**

从上述结果得出，电力线感应/接触试验发生器校准装置的校准测量能力为：

当U=220V时：*U*rel=0.25%，*k*=2，

当1000V＜U≤1500V时：*U*rel=0.14%，*k*=2。

**二 限流电阻示值误差测量结果的不确定度的评定**

**1 概述**

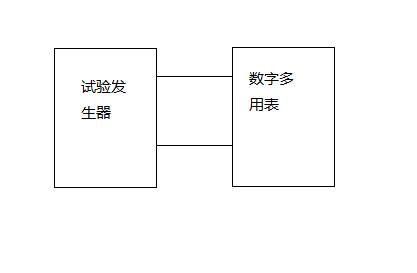
1.1 测量依据：CLJF-47-2018《电力线感应/接触试验发生器校准规范》

1.2 环境条件：温度：（15～35）℃ 相对湿度：≤75%RH

1.3 测量标准：数字多用表，电阻准确度：±（0.01%读数+0.004%量程）。

1.4 被测对象：电力线感应/接触试验发生器，限流电阻最大允许误差：±3%。

1.5 测试过程：校准接线见下图，由试验发生器设定限流电阻，使用数字多用表测量该电阻值，从而计算出试验发生器的限流电阻示值误差。



限流电阻校准接线图

1.6评定结果的使用

符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

**2 数学模型**

Δ*R*=*R*x-*R*n

式中： Δ*R*——试验发生器限流电阻误差。

*R*x——试验发生器限流电阻设定值。

*R*n——数字多用表测得的限流电阻实际值。

**3 标准不确定度的评定**

根据数学模型，被校电力线感应/接触试验发生器时间误差的测量不确定度来源于输入量*R*x的标准不确定度*u*(*R*x)和输入量*R*n的标准不确定度*u*(*R*n)。

3.1标准不确定度分量*u*(*R*x)的评定

由于Rx为被校电力线感应/接触试验发生器电阻设定值，不随外界因数变化而变化，故其无不确定度因素，所以*u*(*R*x)=0。

3.2 标准不确定度分量*u*(*R*n)的评定

不确定度分量*u*(*R*n)的不确定度来源主要是测量重复性引起的标准不确定度分项*u*(*R*n1)；数字多用表测量电阻的测量误差导致的标准不确定度分项*u*(*R*n2)。

3.2.1 来源于测量重复性引起的标准不确定度分项*u*(*R*n1)

采用A类方法进行评定。取一台电力线感应/接触试验发生器，设定限流电阻在10Ω，在重复条件下，进行独立测量10次，获得一组数据列，见表1。

**表1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 示值（Ω） | 10.25 | 10.20 | 10.16 | 10.19 | 10.21 | 10.18 | 10.21 | 10.16 | 10.19 | 10.25 |

平均值=10.20Ω；n=10

单次实验标准差: ==0.0316Ω

则*u*(*R*n1)=s=0.0316Ω。

3.2.2 标准不确定度分量*u*(*R*n 2)的评定

采用B类方法。数字多用表时间准确度为±（0.01%读数+0.004%量程）。测量时采取调零功能，设定值为10Ω时的允许误差：即区间半宽为0.005Ω，在区间内认为均匀分布，包含因子：*k*=，

则：*u*(*R*n2)= 0.005/≈0.00289V；

即：*u*(*R*n)=0.0317Ω

**4 合成标准不确定度的评定**

4.1 灵敏系数

数学模型 Δ*R*=*R*x-*R*n

灵敏系数 c1 =∂Δ*R*/∂*R*x =1

c2 =∂Δ*R*/∂*R*n =-1

4.2 合成标准不确定度汇总见表2。

**表2 合成标准不确定度汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(ti) | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数ci |
| *u*(*R*x) | / | 0 | 1 |
| *u*(*R*n) | 被校试验发生器的测量重复性以及数字多用表测量误差 | 0.0317Ω | -1 |

4.3 合成不确定度*u*c(Δ*R*)的估算

输入量*R*x与*R*n彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到：

*u*c(Δ*R*)=0.0317Ω

**5 扩展不确定度的评定**

取*k*=2，置信水平约为95％,扩展不确定度*U*=*k*·*u*c(Δ*R*)

则10Ω测量点的扩展不确定度为：*U*=0.0634Ω≈0.064Ω

**6 不确定度报告**

电力线感应/接触试验发生器限流电阻为10Ω时，限流电阻误差测量结果的扩展不确定度为：*U*=0.064Ω，*k*=2；换算成相对扩展不确定度：*U*rel=6.4×10-3，*k*=2

**7 校准测量能力**

上述测量结果的扩展不确定度可作为电力线感应/接触试验发生器校准装置限流电阻为10Ω时的校准测量能力：*U*rel=6.4×10-3，*k*=2

**三 试验时间测量结果的不确定度评定**

**1 概述**

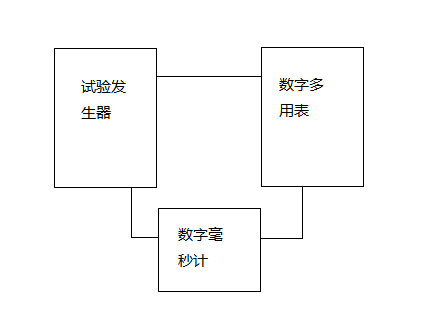
1.1测量依据：CLJF-47-2018《电力线感应/接触试验发生器校准规范》

1.2环境条件：温度：（15～35）℃ 相对湿度：≤75%RH

1.3测量标准：数字毫秒计，时间准确度±（0.2%读数+2ms+1字）

1.4测试对象：电力线感应/接触试验发生器，时间最大允许误差：±1%(当t≥1s时)；±5%(当t＜1s时)

1.5测试过程：校准接线见下图，将电力线感应/接触试验发生器计时器设定至所需时间，数字毫秒计同时开始计时，直到出现终止信号（可由数字多用表中是否有电流显示，判断时间是否终止），同时停止计时，重复三次，记录下平均值。计时器时间设定值与数字毫秒计测得的时间平均值相减，其差值即为计时器时间误差。



试验时间校准接线图

1.6评定结果的使用

符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

**2 数学模型**

Δ*t*=*t*x-*t*n

其中： Δ*t*——试验发生器计时器时间误差。

*t*x——试验发生器计时器时间设定值。

*t*n——数字毫秒计测得值。

**3 标准不确定度的评定**

根据数学模型，被校电力线感应/接触试验发生器时间误差的测量不确定度来源于输入量*t*x的标准不确定度*u*(*t*x)和输入量*t*n的标准不确定度*u*(*t*n)。

3.1标准不确定度分量*u*(*t*x)的评定

由于tx为被校电力线感应/接触试验发生器时间设定值，不随外界因数变化而变化，故其无不确定度因素，所以*u*(*t*x)=0。

3.2 标准不确定度分量*u*(*t*n)的评定

不确定度分量*u*(*t*n)的不确定度来源主要是测量重复性引起的标准不确定度分项*u*(*t*n1)；数字毫秒计测量时间的测量误差导致的标准不确定度分项*u*(*t*n2)。

3.2.1 来源于测量重复性引起的标准不确定度分项*u*(*t*n1)

采用A类方法进行评定。取一台电力线感应/接触试验发生器，设定计时器为60s及0.2s，在重复条件下，各进行独立测量10次，获得一组数据列，见表1及表2。

**表1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 示值（s） | 60.3 | 60.2 | 60.2 | 60.2 | 60.2 | 60.2 | 60.2 | 60.2 | 60.2 | 60.3 |

平均值=60.22s，n=10

单次实验标准差: *s*=0.0422s

实际测量中，在重复性条件下连续测量3次，以三次测量的算术平均值作为测量结果，由此，*s*=*s*/=0.0244s

则来源于测量重复性导致的标准不确定度*u*(*t*n)=s=0.0244s。

**表2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 示值（ms） | 191.9 | 191.7 | 192.6 | 191.7 | 191.8 | 192.7 | 191.8 | 192.6 | 192.6 | 191.9 |

平均值=192.1ms，n=10

单次实验标准差: *s*=0.432ms

实际测量中，在重复性条件下连续测量3次，以三次测量的算术平均值作为测量结果，由此，，*s* = *s*/=0.249ms

则*u*(*t*n1)=s=0.249ms。

3.2.2 标准不确定度分量*u*(*tn2*)的评定

采用B类方法。数字毫秒计时间准确度为±（0.2%读数+2ms+1字），设定值为60s时的允许误差：即区间半宽为0.222s，设定值为0.2s时的允许误差：即区间半宽为2.5ms，在区间内认为均匀分布，包含因子：*k*=

则60s：*u*(*tn2*)=*a*/*k*= 0.222s/=0.128s

0.2s：*u*(*tn2*) *u*(*tn2*)=*a*/*k*= 2.5ms/=1.44ms

即60s：*u*(*tn*)=0.135s

0.2s：*u*(*tn*)=1.46ms

**4** **合成标准不确定度的评定**

4.1 灵敏系数

数学模型 Δ*t*= *t*x- *t*n

灵敏系数 *c*1=*∂*Δ*t*/∂*t*x=1

*c*2=∂Δ*t*/∂*t*n=-1

4.2 合成标准不确定度汇总见表2。

**表2 合成标准不确定度汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(ti) | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数ci |
| *u*(tx) | / | 0 | 1 |
| *u*(tn) | 被校试验发生器测量重复性以及数字毫秒计测量误差（60s） | 0.135s | -1 |
| *u*(tn) | 被校试验发生器测量重复性以及数字毫秒计测量误差（0.2s） | 1.46ms | -1 |

4.3 合成不确定度*u*c(Δ*t*)的估算

输入量*t*x与*t*n彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到：

即60s：*u*c(Δ*t*)=0.135s

0.2s：*u*c(Δ*t*)=1.46ms

**5 扩展不确定度的评定**

取*k*=2，置信水平约为95％,扩展不确定度*U*=*k*·*u*c(Δ*R*)

则60s测量点的扩展不确定度为：*U*=0.135s≈0.3s

则0.2s测量点的扩展不确定度为：*U*=2.92ms≈3.0ms

**6 不确定度报告**

电力线感应/接触试验发生器设定时间为60s时，时间误差测量结果的扩展不确定度为：*U*=0.3s，*k*=2；

电力线感应/接触试验发生器设定时间为0.2s时，时间误差测量结果的扩展不确定度为：*U*=3.0ms，*k*=2。

**7 校准测量能力**

上述测量结果的扩展不确定度作为电力线感应/接触试验发生器校准装置时间校准的测量能力：当0.1s＜t＜1s时：*U*=3.0ms，*k*=2；当t≥1s时：*U*=0.3s，*k*=2

**四 Wsp值测量结果的不确定度的评定**

**1 概述**

1.1测量依据：CLJF-47-2018《电力线感应/接触试验发生器校准规范》

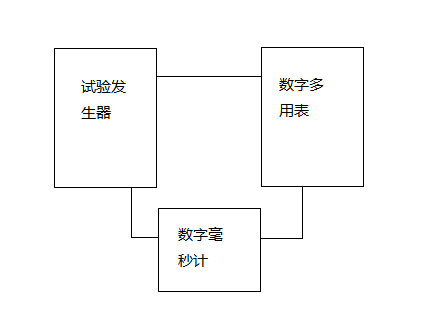
1.2环境条件：温度：（15～35）℃ 相对湿度：≤75%RH

1.3测量标准：数字多用表，电流准确度±（0.15%读数+0.06%量程）；

数字毫秒计，时间准确度±（0.2%读数+2ms+1字）

1.4测试对象：电力线感应/接触试验发生器，Wsp值最大允许误差：±3%。

1.5测试过程：校准接线见下图，将试验发生器设置在感应试验模式下，将试验发生器的输出端短路，设置其试验电压、限流电阻以及相应的试验时间，试验发生器将计算出相对应的Wsp值，使用数字多用表及数字毫秒计，同时记录下其短路电流值及试验时间，如下图所示，按公式Wsp=(Iac)2×t计算出实际的Wsp值



Wsp值校准接线图

1.6评定结果的使用

符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

**2 数学模型**

Δ*W*sp=*W*spx-*W*spn

其中： Δ*Wsp*——试验发生器Wsp值误差

*W*spx——试验发生器设定值

*W*spn——试验发生器测得值，*W*sp=(*I*ac)2×*t*。

**3 标准不确定度的评定**

根据数学模型，被校电力线感应/接触试验发生器Wsp值测量不确定度来源于输入量*W*spx的标准不确定度*u*(*W*spx)和输入量*W*spn的标准不确定度*u*(*W*spn)。

3.1标准不确定度分量*u*(Wspx)的评定

由于*W*spx为被校电力线感应/接触试验发生器Wsp值设定值，不随外界因数变化而变化，故其无不确定度因素，所以*u*(Wspx)=0。

3.2 标准不确定度分量*u*(Wspn)的评定

不确定度分量*u*(Wspn)的不确定度来源主要是电流测量重复性引起的标准不确定度分量*u*(*I*n1)，电流测量误差导致的标准不确定度分量*u*(*I*n2)，时间测量重复性引起的标准不确定度分量*u*(*t*n1)以及时间测量误差导致的所导致的标准不确定度分量*u*(*t*n2)。

3.2.1 来源于电流测量重复性引起的标准不确定度分量*u*(In1)

采用A类方法进行评定。取一台电力线感应/接触试验发生器，在相同设定时间的重复条件下，进行独立测量10次，获得一组电流数据列，见表1。

**表1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 示值（A） | 1.014 | 1.012 | 1.012 | 1.016 | 1.011 | 1.012 | 1.012 | 1.017 | 1.015 | 1.013 |

平均值=1.013A，n=10

单次实验标准差: *s*=0.00201A

则*u*(*I*n1)=s=0.00201A。

3.2.2 标准不确定度分量*u*(In2)的评定

采用B类方法。数字多用表电流准确度为±（0.15%读数+0.06%量程）。e=±(0.15%×1)A=±0.0015A即区间半宽为0.0015A，在区间内认为均匀分布，包含因子：*k*=，则*u*(*I*n2)=A=0.000866A

即：*u*(*I*n)=*s=*2.19×10-3A

3.2.3 来源于时间的标准不确定度分量*u*(*t*n)

由于已进行过试验时间的测量不确定度评定，即引用标准不确定度分量*u*(*t*n)的评定结果，即0.2s：*u*(*t*n)=1.50ms

**4** **合成标准不确定度的评定**

4.1 灵敏系数

数学模型 Δ*W*sp=*W*spx-*W*spn（即Δ*W*sp=(*I*acx)2×*t*x-(*I*acn)2×*t*n）

灵敏系数 *c*1=*∂*Δ*W*sp/∂*W*spx =1

*c*2=∂Δ*W*sp/∂*W*spn =-2*t*x

*c*3=∂Δ*W*sp/∂*W*spn =-(*I*acn)2

4.2 合成标准不确定度汇总见表2。

**表2 合成标准不确定度汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(Δ) | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数ci |
| *u*(*W*spx) | / | 0 | 1 |
| *u*(*I*n2) | 电流测量重复性引起的标准不确定度分量*u*(*I*n2)以及电流测量误差导致的标准不确定度分量*u*(*I*n2) | 2.19×10-3A | -0.4s |
| *u*(*t*n) | 时间的标准不确定度分量*u*(*t*n) | 1.50ms | -1A |

4.3 合成不确定度*u*c(Δ*W*sp)的估算

输入量*W*spx与*W*spn彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到：

即*u*c(Δ*W*sp)=1.74×10-3A2s

**5 扩展不确定度的评定**



取包含因子*k*=2，扩展不确定度*U*=*k*·*u*c(△*W*sp)=2×1.74×10-3A2s≈3.5×10-3A2s

**6 不确定度报告**

电力线感应/接触试验发生器*W*sp值测量结果的扩展不确定度为：*U*=3.5×10-3A2s，*k*=2

**7 校准测量能力**

从上述测量结果得出，电力线感应/接触试验发生器校准装置*W*sp值的校准测量能力为*U*=3.5×10-3A2s，*k*=2