火花试验机校准规范

火花试验机测量不确定度评定

**《火花试验机校准规范》编制工作组**

**2023年7月**

一、数字式工频火花试验机测量不确定度评定

1 概述

环境条件：温度：22.0℃，相对湿度：55%；

测量标准：数字高压表等。

被测对象：工频火花机，型号CHJ2。

采用方法：直接测量。

2 测量模型

设*V*N为数字高压表示值，*V*x为被校火花机显示值，在校准条件下，温度、湿度、零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到测量模型见公式（1）。

$Δ=V\_{x}-V\_{N}$ （1）

式中：

Δ——被校火花机电压示值误差，V；

$V\_{x}$——被校火花机电压示值，V；

$V\_{N}$——数字高压表电压示值，V。

3 标准不确定度评定

3.1 由测量重复性引入的不确定度分量*u*(*V*x1)评定

用数字高压表做标准，在相同环境条件下，对被校火花机5kV点重复测量10次，获得数据如表1。

表1 重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | *x*i /kV |
| 1 | 4.993 |
| 2 | 4.987 |
| 3 | 4.990 |
| 4 | 4.991 |
| 5 | 4.986 |
| 6 | 4.988 |
| 7 | 4.993 |
| 8 | 4.984 |
| 9 | 4.992 |
| 10 | 4.995 |

测量数据的平均值：==4.9899 kV

单次测量值的实验标准偏差：*s*=≈ 3.54×10-3 kV

则$u\_{A}$ =3.54×10-3 kV

3.2 由被校火花机分辨力引入的标准不确定度*u*(*V*x)

被校火花机示值的分辨力为0.01 kV，其在±0.005 kV的区间内为均匀分布，包含因子*k*=$\sqrt{3}$，因此

$u\left(V\_{x}\right)=\frac{0.005}{\sqrt{3}}$=2.89×10-3 kV

3.3 由数字高压表引入的标准不确定度*u*(*V*N)

数字高压表经量值传递，符合其技术指标要求。5 kV的最大允许示值误差为±1.0%，在测量5 kV时其允许误差限为±(1.0%×5kV)=±5×10-2 kV，在区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则：

$u\left(V\_{N}\right)=\frac{5×10^{-2}}{\sqrt{3}}$=2.89×10-2 kV

3.4 测量不确定度汇总

各不确定度分量汇总见表2。

表2 不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 符号 | 来源 | 类型 | 不确定度分量 |
| $$u\_{A}$$ | 测量重复性 | A | 3.54×10-3 kV |
| $$u\left(V\_{x}\right)$$ | 被校火花机分辨力 | B | 2.89×10-3 kV |
| $$u\left(V\_{N}\right)$$ | 数字高压表 | B | 2.89×10-2 kV |

4 合成标准不确定度

依据公式（1）得到灵敏系数：$c\_{1}=\frac{∂∆}{∂V\_{x}}=1$，$c\_{2}=\frac{∂∆}{∂V\_{N}}=-1$

各影响量相互独立，同时考虑到被校火花机的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则合成标准不确定度为：

$u\_{c}=\sqrt{（c\_{1}u\_{A}）^{2}+（c\_{2}u\left(V\_{N}\right)）^{2}}=\sqrt{(3.54×10^{-3})^{2}+(2.89×10^{-2})^{2}}$=2.9×10-2 kV

5 扩展不确定度

取*k*=2，由此得到5 kV点的扩展不确定度为：

*U*=*ku*c=0.058 kV，*k*=2

二、数字式直流火花机电压示值测量不确定度评定

1 概述

环境条件：温度：16℃，相对湿度：70%；

测量标准：数字高压表等。

被测对象：直流火花试验机，型号HS-4A。

采用方法：直接测量。

2 测量模型

设*V*N为数字高压表示值，*V*x为被校火花机显示值，在校准条件下，温度、湿度、零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到测量模型见公式（1）。

$Δ=V\_{x}-V\_{N}$ （1）

式中：

Δ——被校火花机电压示值误差，V；

$V\_{x}$——被校火花机电压示值，V；

$V\_{N}$——数字高压表电压示值，V。

3 标准不确定度评定

3.1 由测量重复性引入的不确定度分量*u*(*V*x1)评定

用数字高压表做标准，在相同环境条件下，对被校火花机5kV点重复测量10次，获得数据如表1。

表1 重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | *x*i /kV |
| 1 | 5.006 |
| 2 | 5.012 |
| 3 | 5.016 |
| 4 | 5.008 |
| 5 | 5.002 |
| 6 | 5.011 |
| 7 | 5.015 |
| 8 | 5.010 |
| 9 | 5.018 |
| 10 | 5.008 |

测量数据的平均值：==5.0106 kV

单次测量值的实验标准偏差：*s*=≈ 4.90×10-3 kV

则$u\_{A}$ =4.90×10-3 kV

3.2 由被校火花机分辨力引入的标准不确定度*u*(*V*x)

被校火花机示值的分辨力为0.01 kV，其在±0.005 kV的区间内为均匀分布，包含因子*k*=$\sqrt{3}$，因此

$u\left(V\_{x}\right)=\frac{0.005}{\sqrt{3}}$=2.89×10-3 kV

3.3 由数字高压表引入的标准不确定度*u*(*V*N)

数字高压表经量值传递，符合其技术指标要求。5 kV的最大允许示值误差为±1.0%，在测量5 kV时其允许误差限为±(1.0%×5kV)=±5×10-2 kV，在区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则：

$u\left(V\_{N}\right)=\frac{5×10^{-2}}{\sqrt{3}}$=2.89×10-2 kV

3.4 测量不确定度汇总

各不确定度分量汇总见表2。

表2 不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 符号 | 来源 | 类型 | 不确定度分量 |
| $$u\_{A}$$ | 测量重复性 | A | 4.90×10-3 kV |
| $$u\left(V\_{x}\right)$$ | 被校火花机分辨力 | B | 2.89×10-3 kV |
| $$u\left(V\_{N}\right)$$ | 数字高压表 | B | 2.89×10-2 kV |

4 合成标准不确定度

依据公式（1）得到灵敏系数：$c\_{1}=\frac{∂∆}{∂V\_{x}}=1$，$c\_{2}=\frac{∂∆}{∂V\_{N}}=-1$

各影响量相互独立，同时考虑到被校火花机的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则合成标准不确定度为：

$u\_{c}=\sqrt{（c\_{1}u\_{A}）^{2}+（c\_{2}u\left(V\_{N}\right)）^{2}}=\sqrt{(4.90×10^{-3})^{2}+(2.89×10^{-2})^{2}}$=2.93×10-2 kV

5 扩展不确定度

取*k*=2，由此得到5 kV点的扩展不确定度为：

*U*=*ku*c=0.059 kV，*k*=2

三、指针式直流火花机电压示值测量不确定度评定

1 概述

环境条件：温度：19.0℃，相对湿度：51%；

测量标准：数字高压表等。

被测对象：直流火花机

采用方法：直接测量。

2 测量模型

设*V*N为数字高压表示值，*V*x为被校火花机示值，在校准条件下，温度、湿度、零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到测量模型见公式（1）。

$Δ=V\_{x}-V\_{N}$ （1）

式中：

Δ——被校火花机电压示值误差，V；

$V\_{x}$——被校火花机电压示值，V；

$V\_{N}$——数字高压表电压示值，V。

3 标准不确定度评定

3.1 由测量重复性引入的不确定度分量*u*(*V*x1)评定

用数字高压表做标准，在相同环境条件下，对被校火花机5kV点重复测量10次，获得数据如表1。

表1 重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | *x*i /kV |
| 1 | 5.200 |
| 2 | 5.178 |
| 3 | 5.239 |
| 4 | 5.234 |
| 5 | 5.167 |
| 6 | 5.186 |
| 7 | 5.156 |
| 8 | 5.234 |
| 9 | 5.179 |
| 10 | 5.226 |

测量数据的平均值：==5.1999 kV

单次测量值的实验标准偏差：*s*=≈ 0.0311 kV

则$u\_{A}$ =0.0311 kV

3.2 由被校火花机指针对不齐引入的标准不确定度*u*(*V*x)

被校火花机刻度为1kV/格，指针对不齐按1/10格计算，引入的误差为0.1 kV，其在±0.05 kV的区间内为均匀分布，包含因子*k*=$\sqrt{3}$，因此

$u\left(V\_{x}\right)=\frac{0.05}{\sqrt{3}}$=0.0289 kV

3.3 由数字高压表引入的标准不确定度*u*(*V*N)

数字高压表经量值传递，符合其技术指标要求。5 kV的最大允许示值误差为±0.5%，在测量5 kV时其允许误差限为±(0.5%×5kV)=±0.025 kV，在区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则：

$u\left(V\_{N}\right)=\frac{0.025kV}{\sqrt{3}}$=0.0145kV

3.4 测量不确定度汇总

各不确定度分量汇总见表2。

表2 不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 符号 | 来源 | 类型 | 不确定度分量 |
| $$u\_{A}$$ | 测量重复性 | A | 0.0311kV |
| $$u\left(V\_{x}\right)$$ | 被校火花机指针对不齐 | B | 0.0289kV |
| $$u\left(V\_{N}\right)$$ | 数字高压表 | B | 0.0145kV |

4 合成标准不确定度

依据公式（1）得到灵敏系数：$c\_{1}=\frac{∂∆}{∂V\_{x}}=1$，$c\_{2}=\frac{∂∆}{∂V\_{N}}=-1$

各影响量相互独立，同时考虑到被校火花机指针对不齐和数字高压表分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则合成标准不确定度为：

$u\_{c}=\sqrt{（c\_{1}u\_{A}）^{2}+（c\_{2}u\left(V\_{N}\right)）^{2}}=\sqrt{(0.0311)^{2}+(0.0145)^{2}}$=0.0344kV

5 扩展不确定度

取*k*=2，由此得到5 kV点的扩展不确定度为：

*U*=*ku*c=0.069 kV，*k*=2

四、指针式工频火花机电压示值测量不确定度评定

1 概述

环境条件：温度：19.0℃，相对湿度：51%；

测量标准：数字高压表等。

被测对象：工频火花机

采用方法：直接测量。

2 测量模型

设*V*N为数字高压表示值，*V*x为被校火花机示值，在校准条件下，温度、湿度、零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到测量模型见公式（1）。

$Δ=V\_{x}-V\_{N}$ （1）

式中：

Δ——被校火花机电压示值误差，V；

$V\_{x}$——被校火花机电压示值，V；

$V\_{N}$——数字高压表电压示值，V。

3 标准不确定度评定

3.1 由测量重复性引入的不确定度分量*u*(*V*x1)评定

用数字高压表做标准，在相同环境条件下，对被校火花机6kV点重复测量10次，获得数据如表1。

表1 重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | *x*i /kV |
| 1 | 6.163 |
| 2 | 6.135 |
| 3 | 6.153 |
| 4 | 6.147 |
| 5 | 6.148 |
| 6 | 6.124 |
| 7 | 6.140 |
| 8 | 6.127 |
| 9 | 6.132 |
| 10 | 6.135 |

测量数据的平均值：==6.1404 kV

单次测量值的实验标准偏差：*s*=≈ 0.0123 kV

则$u\_{A}$ =0.0123 kV

3.2 由被校火花机指针对不齐引入的标准不确定度*u*(*V*x)

被校火花机刻度为1kV/格，指针对不齐按1/10格计算，引入的误差为0.1 kV，其在±0.05 kV的区间内为均匀分布，包含因子*k*=$\sqrt{3}$，因此

$u\left(V\_{x}\right)=\frac{0.05}{\sqrt{3}}$=0.0289 kV

3.3 由数字高压表引入的标准不确定度*u*(*V*N)

数字高压表经量值传递，符合其技术指标要求。6 kV的最大允许示值误差为±0.5%，在测量6 kV时其允许误差限为±(0.5%×6kV)=±0.03 kV，在区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则：

$u\left(V\_{N}\right)=\frac{0.03kV}{\sqrt{3}}$=0.0174kV

3.4 测量不确定度汇总

各不确定度分量汇总见表2。

表2 不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 符号 | 来源 | 类型 | 不确定度分量 |
| $$u\_{A}$$ | 测量重复性 | A | 0.0123kV |
| $$u\left(V\_{x}\right)$$ | 被校火花机指针对不齐 | B | 0.0289kV |
| $$u\left(V\_{N}\right)$$ | 数字高压表 | B | 0.0174kV |

4 合成标准不确定度

依据公式（1）得到灵敏系数：$c\_{1}=\frac{∂∆}{∂V\_{x}}=1$，$c\_{2}=\frac{∂∆}{∂V\_{N}}=-1$

各影响量相互独立，同时考虑到被校火花机指针对不齐和数字高压表分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则合成标准不确定度为：

$u\_{c}=\sqrt{（c\_{1}u\_{A}）^{2}+（c\_{2}u\left(V\_{N}\right)）^{2}}=\sqrt{(0.0289)^{2}+(0.0174)^{2}}$=0.0337kV

5 扩展不确定度

取*k*=2，由此得到6 kV点的扩展不确定度为：*U*=*ku*c=0.068kV，*k*=2

火花试验机校准规范编制工作组

2023年7月22日