

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 117—2022

电测量变送器校验仪校准规范

Calibration Specification of Calibrators for Electric Measuring Transducers

2022—01—04发布

2022—02—15实施

安徽省市场监督管理局 发布

电测量变送器校验仪校准规范

Calibration Specification of Calibrators
for Electric Measuring Transducers

JJF(皖)117—2022

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

本规范委托安徽省电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

罗朝玉（安徽省计量科学研究院）

郭攀锋（安徽省计量科学研究院）

郑万红（安徽省计量科学研究院）

刘 菲（安徽省计量科学研究院）

参加起草人：

许 杰（安徽省计量科学研究院）

周伟伟（安徽省计量科学研究院）

王 海（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)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
5.1 准确度等级.....	(2)
5.2 短期稳定度.....	(2)
5.3 失真度.....	(2)
5.4 直流纹波.....	(2)
5.5 绝缘电阻.....	(2)
5.6 工频耐压试验.....	(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 校准设备及辅助设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准方法.....	(4)
7.2.1 外观及通电检查.....	(4)
7.2.2 校准点的选取.....	(4)
7.2.3 交流电压示值误差.....	(5)
7.2.4 交流电流示值误差.....	(6)
7.2.5 交流功率示值误差.....	(6)
7.2.6 相位示值误差.....	(7)
7.2.7 功率因数示值误差.....	(7)
7.2.8 频率示值误差.....	(8)
7.2.9 直流电压示值误差.....	(8)
7.2.10 直流电流示值误差.....	(8)
7.2.11 直流电压测量示值误差.....	(9)
7.2.12 直流电流测量示值误差.....	(10)
7.2.13 输出稳定度.....	(10)
7.2.14 失真度.....	(10)
7.2.15 直流纹波.....	(11)
7.2.16 绝缘电阻试验.....	(12)
7.2.17 工频耐压试验.....	(12)
8 校准结果表达.....	(12)
9 复校时间间隔.....	(13)
附录A 测量不确定度评定示例.....	(14)
附录B 电测量变送器校验仪校准记录格式.....	(17)

引 言

本规范依据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》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编制而成。

本规范为首次发布。

电测量变送器校验仪校准规范

1 范围

本规范适用于直流0.01级及以下和交流0.02级及以下，具有输出交直流电压、交直流电流、有功功率、频率、相位、功率因数，输入直流电压和直流电流功能的电测量变送器校验仪（以下简称为“校验仪”）的校准，具有以上功能或部分功能的交直流仪表检定装置或多功能标准功率源的校准也可参照本规范。

本规范中交流电压校准范围：10 mV~1000 V (45 Hz~65 Hz), 交流电流校准范围：10 mA~100 A (45 Hz~65 Hz), 有功功率校准范围：电压（30 V~380 V）、电流（10 mA~100 A）、功率因数（-1~1），频率校准范围：45 Hz~65 Hz，相位（或功率因数）校准范围（0°~360°）（-1~1），直流电压输出校准范围：10 mV~1000 V，直流电流输出校准范围：10 μA~30 A，直流电压测量校准范围：0~15V，直流电流测量校准范围：0~24 mA。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1284 交直流仪表校验仪校准规范

JJF 1638 多功能标准源校准规范

GB/T 13978 数字多用表

JJG (军工)6交流标准功率源检定规程

GB/T 15637 数字多用表校准仪通用技术要求

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求

GB 6587.8 电子测量仪器 电源频率与电压试验

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

电测量变送器校验仪 Calibrators for Electric Measuring Transducers

电测量变送器校验仪是一种可按规定的准确度分别输出交流电压、交流电流、有功功率、频率、相位（或功率因数）、直流电压、直流电流，并可测量直流电压、直流电流等直流小信号的表源一体的多功能校验仪器，主要用来检测电工测量变送器、交直流仪表等。

4 概述

电测量变送器校验仪主要由信号发生单元、放大单元、电源及保护单元、AC/DC单元、A/D单元、测量单元及显示单元等组成。主要用于企事业单位、供电、发电等企业的电测量变送器、电测仪表的校验。

5 计量特性

5.1 准确度等级

校验仪的准确度等级及最大允许误差见表1所示。

功能		最大允许误差			
		0.02级	0.05级	0.1级	0.2级
输出	交流电压、电流	±0.02%	±0.05%	±0.1%	±0.2%
	有功功率	±0.025%	±0.05%	±0.1%	±0.2%
	无功功率	±0.05%	±0.1%	±0.2%	±0.5%
	相位/(°)	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5
	功率因数	±0.05%	±0.1%	±0.2%	±0.5%
	频率/Hz	±0.005	±0.01	±0.02	±0.05
	直流电压、电流	±0.025%	±0.05%	±0.1%	±0.2%
测量	直流电压、直流电流	±0.01%	±0.01%	±0.02%	±0.05%

注：除相位、频率外其他功能的最大允许误差指引用误差，用百分数表示。

5.2 短期稳定度

在规定时间间隔（1 min）内，其最大变化量的相对误差不超过量程最大允许误差的1/5。

5.3 失真度

交流电压和交流电流的失真度一般不超过0.5%。

5.4 直流纹波

直流电压和直流电流的纹波系数一般不超过1%。

5.5 绝缘电阻

5.5.1 输出端子对机壳之间施加1 kV直流电压，绝缘电阻不低于50 MΩ（特殊要求的产品应加以说明，可按说明书要求的施加电压进行试验）。

5.5.2 电源输入端与机壳之间施加500 V直流电压，绝缘电阻不低于20 MΩ。

5.6 工频耐压试验

5.6.1 输出端子对机壳之间施加50 Hz、2.5 kV正弦波电压，历时1 min，不能有闪烁、飞弧、击穿（特殊要求的产品应加以说明，可按说明书要求的施加电压进行试验）。

5.6.2 电源输入端与机壳之间施加50 Hz、1 kV正弦波电压，历时1 min，不能有闪烁、飞弧、击穿。

注：以上所有指标不是用于合格性判断，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： (20 ± 2) °C

6.1.2 相对湿度： $\leq 75\%$

6.1.3 周围无影响测试仪正常工作的强电磁场和机械振动。

6.2 供电电源条件

6.2.1 电源电压： (220 ± 22) V

6.2.2 电源频率： (50 ± 0.5) Hz

6.3 校准设备及辅助设备

校准时所需的标准器及配套设备见表2

表2 标准器及配套设备

序号	仪器设备名称	用途及说明	计量特性
1	三相标准功率表	校准交流电压、交流电流、功率、功率因数、相位、频率等交流输出参数	1、测量范围应覆盖校验仪各功能的输出和测量范围； 2、标准设备应满足测量结果扩展不确定度（ $k=2$ ）应小于校验仪允许误差的1/3； 3、分辨力应小于校验仪允许误差的1/5。
2	数字多用表	校准交直流电压、直流电流、直流纹波等参数	
3	I/V转换标准	辅助校准直流电流、直流纹波等参数	
4	标准电阻	校准电流失真度、直流电流纹波	
5	直流标准源	校准直流电压、直流电流等直流小信号输入参数	
6	绝缘电阻表	绝缘电阻试验	
7	耐压测试仪	工频耐压试验	

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 3

表 3 校准项目

序号	校准项目
1	外观及通电检查
2	交流电压示值误差
3	交流电流示值误差
4	交流功率示值误差
5	相位示值误差
6	功率因数示值误差
7	频率示值误差
8	直流电压示值误差
9	直流电流示值误差
10	直流电压测量示值误差
11	直流电流测量示值误差
12	短期稳定度
13	失真度
14	直流纹波
15	绝缘电阻
16	工频耐压试验

7.2 校准方法

7.2.1 外观及通电检查

外观检查内容包括：产品名称、型号、出厂编号、制造厂名等；校验仪机壳、端钮等是否有碰伤或松动现象；转换开关、调节机构是否正常；各功能标识等是否齐全正确。

通电后校验仪各种功能应能正常，各开关和按键应能正常工作；按照被校准校验仪使用说明书的要求和规定进行预热和预调。

7.2.2 校准点的选取

7.2.2.1 注意事项

- a) 校准点的选择应覆盖所有量程并兼顾各量程之间的覆盖性及量程内的均匀性，同时应参考被校准校验仪使用说明书中对校准点的建议；
- b) 基本量程一般为准确度等级最高的量程；
- c) 可根据实际情况或送校单位的要求选取校准点。

7.2.2.2 交流电压、交流电流输出功能

- a) 基本量程选取3~5个校准点;
- b) 非基本量程选取2~3个校准点;
- c) 在被校准量程内应覆盖量程值的10%点和量程值(接近量程值)点。

7.2.2.3 交流功率输出功能

a) 在电压基本量程的量程值点及功率因数为1条件下, 在电流基本量程内均匀选取包含量程值的10%点和量程值点在内的3~5个校准点; 再分别在电压和电流基本量程的量程值点条件下, 在功率因数为0.5(感性)和0.5(容性)时各取1个校准点;

b) 电压基本量程与其他电流量程以及其他电压量程与电流各量程的组合为非基本量程, 分别在各自量程值点条件下, 在功率因数为1、0.5(感性)和0.5(容性)分别取1个校准点。

7.2.2.4 相位(功率因数)输出功能

a) 在电压和电流的基本量程的量程值点条件下, 选取 0° 、 60° 、 120° 、 180° 、 240° 、 300° 等作为相位的校准点;

b) 在电压和电流的基本量程的量程值点条件下, 选取1.0、0.5L、0.5C、0.8L、0.8C等作为功率因数的校准点。

7.2.2.5 频率输出功能

在电压基本量程的量程值点条件下, 在频率的上限和下限之间, 包含50Hz、60Hz、频率量程上限及下限在内, 至少选取5个频率点进行校准。

7.2.2.6 直流电压、直流电流输出和测量功能

- a) 基本量程正极性选取3~5个校准点;
- b) 非基本量程正极性选取2~3个校准点;
- c) 各量程负极性可只选取量程值(接近量程值)1个校准点;
- d) 正极性时, 在被校准量程内应覆盖量程值的10%点和量程值(接近量程值)点。

7.2.3 交流电压示值误差

按图1连接, 采用标准表法, 用数字多用表或三相标准功率表测量校验仪的输出交流电压, 其测量结果实测值为 U_s , 校验仪交流电压输出示值为 U_x , 按式(1)计算误差。

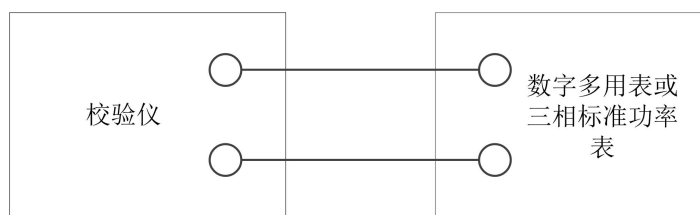


图1 标准表法示意图

$$\gamma = \frac{U_x - U_s}{U_m} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

γ ——校验仪电压输出的引用误差, 用百分数表示;

U_x ——校验仪的电压输出示值, V;

U_s ——数字多用表或三相标准功率表的实测值, V;

U_m ——校准点所在的量程值, V。

7.2.4 交流电流示值误差

按图1连接, 采用标准表法, 用数字多用表或三相标准功率表测量被检校验仪的输出交流电流, 其测量结果实测值为 I_s , 被检校验仪交流电流输出示值为 I_x , 按式(2)计算误差。

$$\gamma = \frac{I_x - I_s}{I_m} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

γ ——校验仪电流输出的引用误差, 用百分数表示;

I_x ——校验仪的电流输出示值, A;

I_s ——数字多用表或三相标准功率表的实测值, A;

I_m ——校准点所在的量程值, A。

7.2.5 交流功率示值误差

按图2连接, 采用标准表法, 用三相标准功率表测量校验仪的输出交流功率, 其测量结果实测值为 P_s , 校验仪交流功率输出示值为 P_x , 按公式(3)计算误差。

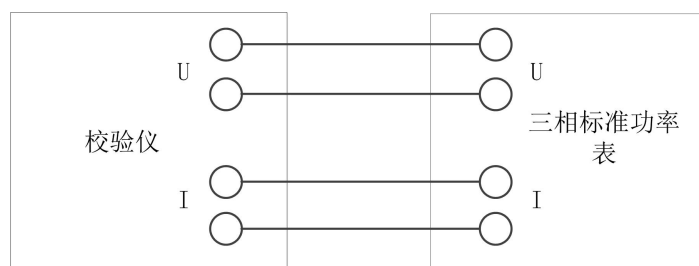


图2 校准交流功率示意图

$$\gamma = \frac{P_x - P_s}{P_m} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

γ ——校验仪功率输出的引用误差，用百分数表示；

P_x ——校验仪的功率输出示值，W；

P_s ——三相标准功率表的实测值，W；

P_m ——校准点所在的量程值，W。

7.2.6 相位示值误差

按图2连接，采用标准表法，用三相标准功率表测量校验仪的输出相位，其测量结果实测值为 φ_x ，校验仪相位输出示值为 φ_s ，按公式（4）计算误差。

$$\Delta = \varphi_x - \varphi_s \quad (4)$$

式中：

Δ ——相位示值误差，（°）；

φ_x ——校验仪的输出示值，（°）；

φ_s ——三相标准功率表的测量结果实测值，（°）。

7.2.7 功率因数示值误差

按图2连接，采用标准表法，用三相标准功率表测量校验仪的输出功率因数，其测量结果实测值为 PF_x ，校验仪功率因数输出示值为 PF_s ，按式（5）计算误差

$$\gamma = \frac{PF_x - PF_s}{PF_m} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

γ ——校验仪功率因数输出的引用误差，用百分数表示；

PF_x ——校验仪的功率因数输出示值；

PF_s ——三相标准功率表的实测值；

PF_m ——一般取1。

7.2.8 频率示值误差

按图1连接，采用标准表法，用三相标准功率表测量校验仪的输出频率，其测量结果实测值为 f_s ，校验仪频率输出示值为 f_x ，按式（6）计算误差。

$$\Delta = f_x - f_s \quad (6)$$

式中：

Δ ——频率示值误差，Hz；

f_x ——校验仪的输出示值，Hz；

f_s ——三相标准功率表的测量结果实测值，Hz。

7.2.9 直流电压示值误差

按图1连接, 采用标准表法, 用数字多用表测量校验仪的输出直流电压, 其测量结果实测值为 U_s , 校验仪直流电压输出示值为 U_x , 按式(1)计算误差。

7.2.10 直流电流示值误差

a) 直接比较测量法

按图1连接, 直接用数字多用表测量校验仪的输出直流电流, 其测量结果参考值为 I_s , 校验仪直流电流输出示值为 I_x , 按式(2)计算误差:

b) I/V转换法

按图3连接, 调节校验仪的直流电流输出 I_x , 根据数字多用表的直流电压示值 U_n 和I/V转换标准的校准值 R_n , 按式(7)计算误差。

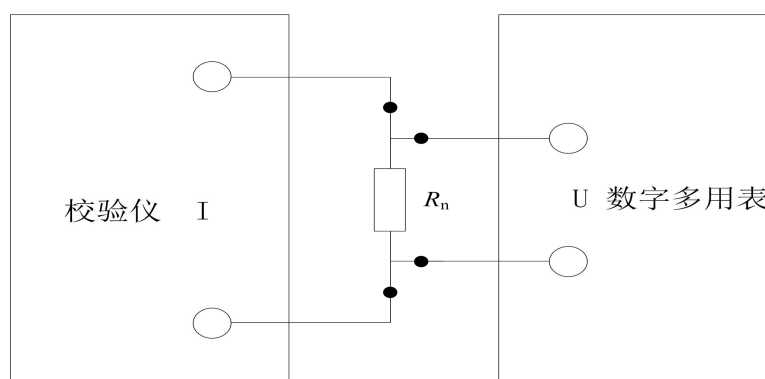


图3 I/V转换法示意图

$$\gamma = \frac{I_x - \frac{U_n}{R_n}}{I_m} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

γ ——直流电压输出的引用误差, 用百分数表示。

I_x ——校验仪的输出示值, A;

R_n ——I/V转换器的校准值, Ω ;

U_n ——数字多用表的实测值, V;

I_m ——校准点的量程值, A。

7.2.11 直流电压测量示值误差

a) 标准源法

按图4连接, 用直流标准源输出直流电压到校验仪的直流电压测量端, 其直流标准源输出实际值为 U_s , 校验仪直流电压测量示值为 U_x , 按式(8)计算误差。

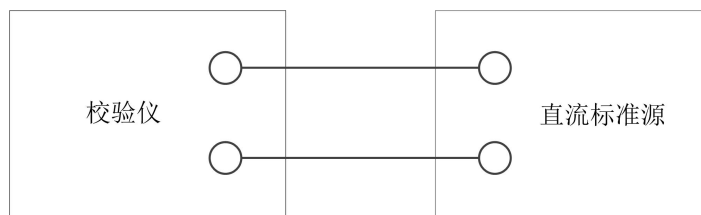


图4 标准源法示意图

b) 标准表法

按图5连接，用直流标准源输出直流电压到校验仪的直流电压测量端和数字多用表的电压输入端，数字多用表的实际值为 U_s ，校验仪直流电压测量示值为 U_x ，按式（8）计算误差。

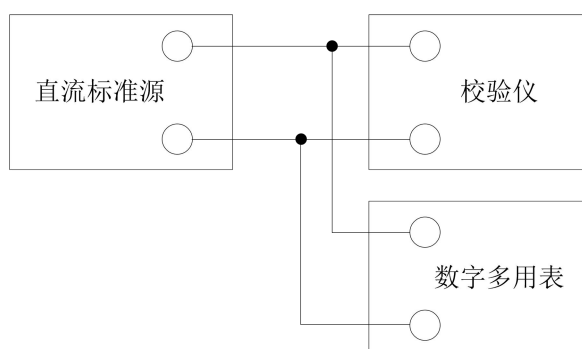


图5 标准表法测量示意图

$$\gamma = \frac{U_x - U_s}{U_m} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

γ —— 校验仪电压测量值的引用误差，用百分数表示；

U_x —— 校验仪的电压测量示值，V；

U_s —— 直流标准源或数字多用表的实际值，V；

U_m —— 校准点所在的量程值，V。

7.2.12 直流电流测量示值误差

a) 标准源法

按图4连接，用直流标准源输出直流电流到校验仪的直流电流测量端，其直流标准源输出示值为 I_s ，校验仪直流电流测量示值为 I_x ，按式（9）计算误差。

b) 标准表法

按图5连接，直接用多能源输出直流电流到校验仪的直流电流测量端和数字多用表的电流输入端，数字多用表的示值为 I_s ，校验仪直流电流测量示值为 I_x ，按式（9）表示。

$$\gamma = \frac{I_x - I_s}{I_m} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

γ ——校验仪电流测量值的引用误差, 用百分数表示;

I_x ——校验仪的电流测量示值, A;

I_s ——直流标准源或数字多用表的实际值, A;

I_m ——校准点所在的量程值, A。

7.2.13 输出稳定度

校准点选择在各功能基本量程的近满度值, 与示值误差校准同时进行。要求校准环境条件不便, 校验仪输出不作任何调整, 记录校准点在规定的时间间隔内 (一般为1 min) 输出示值的最大值和最小值, 按式 (10) 计算输出量的短期稳定度。

$$S = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A} \times 100\% \quad (10)$$

式中:

S ——规定时间间隔内校准点输出的稳定度, 用百分数表示;

A_{\max} ——规定时间间隔内校准点输出示值最大值, V或A、W;

A_{\min} ——规定时间间隔内校准点输出示值最小值, V或A、W;

A ——校验仪基本量程的量程值, V或A、W。

7.2.14 失真度

使用失真度测试仪测量被检校验仪交流电压 (交流电流) 的失真度, 被检校验仪的交流电压 (交流电流) 输出端与失真度测量仪的电压 (电流) 输入端相连, 如图6所示。被检校验仪的交流电压 (交流电流) 输出为基本量程的满度值时, 读取失真度测量仪的读数, 即为交流电压 (交流电流) 的失真度。

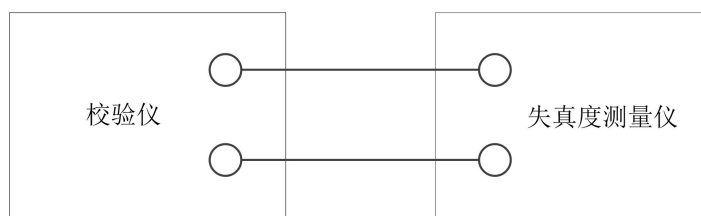


图6 校准失真度示意图

也可以通过测量标准电阻上的电压来测量交流电流的失真度, 失真度测量仪的电压输入端与标准电阻的电位端相连, 被检校验仪的交流电流输出端与标准电阻的电流端相连, 如图7所示。被检校验仪置基本量程的满度值, 读取失真度测量仪的读数, 即为交流电流的

失真度。

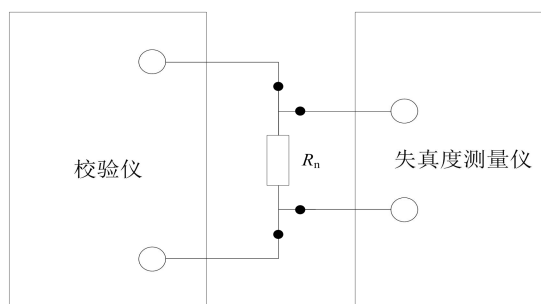


图7 校准交流电流失真度示意图

7.2.15 直流纹波

7.2.15.1 直流电压纹波

按图1连接，用数字多用表交流电压功能（应能承受校验仪输出的最大直流电压）直接测量校验仪直流电压输出的交流分量有效值，应选择直流电压基本量程满度值的输出值作为直流电压纹波含量的测量点，按式（11）计算直流电压纹波系数。

$$D_U = \frac{U_{\sim}}{U_{-}} \times 100\% \quad (11)$$

式中：

D_U ——校验仪直流电压纹波系数，用百分数表示；

U_{\sim} ——校验仪直流电压输出的交流分量有效值，V；

U_{-} ——校验仪直流电压输出值，V。

7.2.15.2 直流电流纹波含量

按图3连接，用数字多用表交流电压功能测量I/V转换标准 R_n 两端的交流分量有效值，按公式（12）计算直流电流纹波含量：

$$D_I = \frac{U}{IR_n} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

D_I ——校验仪直流电流纹波系数，用百分数表示；

U ——I/V转换标准两端的交流分量有效值，V；

R_n ——I/V转换标准， Ω ；

I ——校验仪直流电流输出值，A。

7.2.16 绝缘电阻试验

7.2.16.1 用1000V的绝缘电阻表测量校验仪输出端子与机壳之间的绝缘电阻，绝缘电阻不低

于50 M Ω 。

7.2.16.2 用500 V绝缘电阻表测量校验仪电源输入端与机壳之间的绝缘电阻，绝缘电阻不低于20 M Ω 。

7.2.17 工频耐压试验

7.2.17.1 将校验仪所有输出端子接至耐压测试仪的高端，机壳接至低端。试验电压应平稳升到4.7.1条的规定值，保持1 min后平稳降到零，不能有闪烁、飞弧、击穿。

7.2.17.2 将校验仪电源输入端接至耐压测试仪的高端，机壳接至低端。试验电压应平稳升到4.7.2条的规定值，保持1 min后平稳降到零，不能有闪烁、飞弧、击穿。

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

复校时间间隔建议为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 测量标准

测量标准设备为三相标准功率表，相应技术性能如表A.1所示。

表A.1 测量标准设备

序号	标准设备名称	技术指标
1	三相标准功率表	测量范围：交流电压：（30~630）V 交流电流：（0.005~100）A 准确度等级：0.01级

A.1.2 被测对象

选择电测量变送器校验仪作为被测对象，其相应技术性能如表A.2所示。

表A.2 被测设备

序号	被测对象名称	技术指标
1	电测量变送器校验仪	输出范围：交流电压：（0~380）V 交流电流：（0~20）A 准确度等级：0.05级

A.1.3 测量方法

采用三相标准功率表作为标准器，对一台某公司生产的电测量变送器校验仪在环境温度为 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 75\%$ 的条件下放置24小时后开始校准。

A.2 测量模型及不确定度传播公式

A.2.1 测量模型

校验仪的示值误差 Δ 可表示为：

$$\Delta = U_x - U_s$$

考虑到三相标准功率表的有限分辨力、三相标准功率表随时间的漂移对测量结果的影响，测量模型成为：

$$\Delta = U_x - U_s - \delta U_{s1} - \delta U_{s2}$$

式中：

Δ —— 校验仪的示值误差；

U_x —— 校验仪的输出示值；

U_s —— 三相标准功率表的测量结果（实测值）；

δU_{s1} —— 其他因数（如随时间漂移等）对三相标准功率表电压值的影响；

δU_{s2} —— 三相标准功率表的有限分辨力对测量结果的影响。

A.2.2 不确定度传播公式

$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u^2(U_x) + c_2^2 u^2(U_s) + c_3^2 u^2(\delta U_{s1}) + c_4^2 u^2(\delta U_{s2})$$

A.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \partial\Delta/\partial U_x = 1, c_2 = \partial\Delta/\partial U_s = -1, c_3 = \partial\Delta/\partial \delta U_{s1} = -1, c_4 = \partial\Delta/\partial \delta U_{s2} = -1$$

A.3 标准不确定度的评定

下面以交流电压A相220V量程220V校准点为例进行不确定度分析。

A.3.1 由校验仪输出示值引入的标准不确定度分量 $u(U_x)$

校验仪设定为标准输出模式，故其输出示值保持不变，故不引入不确定度分量，因此 $u(U_x)=0$

A.3.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u(U_s)$

对被校电测量变送器校验仪在220V测量点进行独立的重复测量10次，测量结果如表A.3所示。

表A.3 电测量变送器校验仪交流电压测量结果 单位：V

测量序号	1	2	3	4	5
实测值	219.9956	219.9968	219.9973	219.9965	219.9954
测量序号	6	7	8	9	10
实测值	219.9941	219.9938	219.9955	219.9963	219.9970

$$\text{算术平均值 } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 219.99583\text{V},$$

$$\text{单次实验结果的标准偏差 } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.00119\text{V},$$

被校电测量变送器校验仪测量重复性引入的不确定度分量

$$u(U_s) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} / \bar{x} = 0.0006\%$$

A.3.3 其他因素对三相标准功率表电压值的影响引入的不确定度分量 $u(\delta U_{s1})$

在规定的测量条件下，由其他因素对三相标准功率表的交流电压值的影响应该在三相标准功率表最大允许误差的范围内。通过查询说明书得知，其最大允许误差为 $\pm 0.01\%$ ，可认为在区间内服从均匀分布，取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$ ，则相对标准不确定度 $u(\delta U_{s1})$ 为

$$u(\delta U_{s1}) = \frac{0.01\%}{\sqrt{3}} = 0.0058\%$$

A.3.4 由三相标准功率表分辨力引入的不确定度分量 $u(\delta U_{s2})$

三相标准功率表的交流电压的分辨力为0.0001V，可认为在区间内服从均匀分布，取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$ ，则相对标准不确定度 $u(\delta U_{s2})$ 为

$$u(\delta U_{s2}) = \frac{0.0001\text{V}}{2\sqrt{3}} \div 220\text{V} = 0.00002\%$$

A.3.5 由环境温度、湿度引入的不确定度分量为微小分量，可忽略。

A.4 合成标准不确定度

通过以上分析，交流电压的测量标准不确定度各分量如表A.4。

表A.4 交流电压的标准不确定度分量

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	测量结果分布	标准不确定度分量值
$u(U_x)$	校验仪输出示值	1	——	0
$u(U_s)$	测量重复性	-1	正态	0.0006%
$u(\delta U_{s1})$	其他因素对三相标准功率表电压值的影响	-1	均匀	0.0058%
$u(\delta U_{s2})$	三相标准功率表的分辨力	-1	均匀	0.00002%

由于测量重复性引入的不确定度分量大于三相标准功率表分辨力引入的不确定度分量，可以不考虑三相标准功率表分辨力引入的不确定度分量，且以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{c_1^2 u^2(U_x) + c_2^2 u^2(U_s) + c_3^2 u^2(\delta U_{s1})} \approx 0.0059\%$$

A.5 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U_{rel} = k u_c(\Delta) = 0.012\%$ ($k=2$)

附录 B 电测量变送器校验仪校准记录格式

电测量变送器校验仪校准记录

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：_____℃ 相对湿度：_____%

标准器名称	规格型号	出厂编号	有效期	备注

1、外观及通电检查：_____

2、交流电压输出：

量程	显示值	实测值

3、交流电流输出：

量程	显示值	实测值

4、交流功率输出：

量程	功率因数	显示值	实测值

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

电测量变送器校验仪校准记录

证书编号：_____
共 页 第 页

5、相位（功率因数）：

电压	电流	显示值	实测值

6、频率：

电压	显示值	实测值

7、直流电压输出：

量程	显示值	实测值

8、直流电流输出：

量程	显示值	实测值

电测量变送器校验仪校准记录

证书编号: _____

共 页 第 页

9、直流电压测量:

量程	标准值	显示值

10、直流电流测量:

量程	标准值	显示值

11、短期稳定性:

功能	最大值	最小值	稳定度
交流电压			
交流电流			
交流功率			
直流电压			
直流电流			

12、失真度: 电压_____ 电流_____

13、直流纹波: 电压_____ 电流_____

14、绝缘电阻:

15、工频耐压试验:

