

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1491—2014

数字式交流电参数测量仪校准规范

Calibration Specification for Digital AC Electrical Parameters Meter

2014-11-17 发布

2015-02-17 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布



数字式交流电参数测量仪

校准规范

Calibration Specification for Digital AC

Electrical Parameters Meter

JJF 1491—2014

归口单位：全国电磁计量技术委员会

起草单位：北京市计量检测科学研究院

浙江省计量科学研究院

山东省计量科学研究院

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

谷 扬（北京市计量检测科学研究院）

郑孟霞（浙江省计量科学研究院）

马雪锋（山东省计量科学研究院）

黄 艳（北京市计量检测科学研究院）

陈志明（浙江省计量科学研究院）

李道民（山东省计量科学研究院）

宋 楠（北京市计量检测科学研究院）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量特性	1
5 校准条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 测量标准及其他设备	2
6 校准项目和校准方法	2
6.1 校准项目	2
6.2 校准方法	3
7 校准结果表达	9
8 复校时间间隔	9
附录 A 测量不确定度评定示例	10
附录 B 校准原始记录格式	12
附录 C 校准证书内页格式 (第 2 页)	14
附录 D 校准证书校准结果页格式 (第 3 页)	15
附录 E 电源负载法校准交流功率示值误差	16
附录 F 示值误差表达式	17

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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范为首次制定。

数字式交流电参数测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于输入信号频率范围为 40 Hz~1 kHz 的数字式交流电参数测量仪（以下简称测量仪）、数字显示的多功能测量仪器的交流电参数部分的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 780—1992 交流数字功率表

GB/T 13978—2008 数字多用表

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 概述

数字式交流电参数测量仪是用来测量电压、电流、功率、功率因数（相位）、频率等电信号的仪器。广泛应用于电器产品的质量控制在、用电系统的在线监测、电参数指标的测量等。电参数测量仪的原理框图如图 1，主要由传感器、信号调理电路、模数转换器、控制单元、通讯接口和显示器组成。

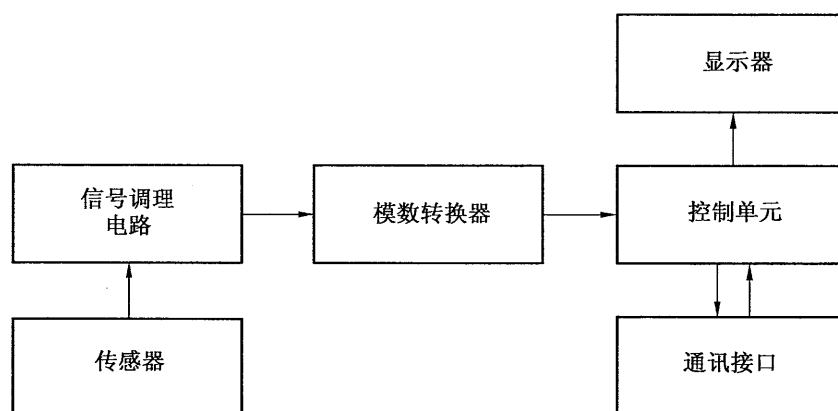


图 1 电参数测量仪原理框图

4 计量特性

测量仪的交流电压、交流电流、交流功率、频率、功率因数、相位的示值误差按附录 F 计算，测量范围和最大允许误差见表 1。

表 1 测量范围和最大允许误差

功能	测量范围	最大允许误差 $\pm(a+b)$
交流电压	1 V~1 000 V	$\pm 0.05\%$ 及以下
交流电流	10 mA~40 A	$\pm 0.05\%$ 及以下
交流功率	10 mW~40 kW	$\pm 0.05\%$ 及以下
频率	40 Hz~1 kHz	$\pm 0.05\%$ 及以下
功率因数（相位）	0~1 ($0^\circ\sim 360^\circ$)	$\pm 0.01^\circ$ 及以下

注：

1. 功率因数最大允许误差换算成电角度。
2. 以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

供电电源：电压 $(220\pm 22)\text{V}$ ，频率 $(50\pm 0.5)\text{Hz}$ ；

环境温度： $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ ；

相对湿度： $(55\pm 20)\%$ 。

5.2 测量标准及其他设备

校准各参数所用标准设备见表 2。

表 2 校准各参数所用标准设备

校准参数	标准源法	标准表法
交流电压示值误差	标准源	交流电源、标准电压表
交流电流示值误差	标准源	交流电源、标准电流表
交流功率示值误差	标准源	交流电源、标准功率表
频率示值误差	标准源	变频电源、标准频率表
功率因数（相位）示值误差	标准源	交流电源、标准相位表

注：除上表规定的标准设备外，也可使用其他符合上述要求的计量器具作为标准设备。

标准装置的扩展不确定度应小于被校测量仪的最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。标准装置的功能和测量范围要完全覆盖被校测量仪的功能和测量范围。

标准源、交流电源在 30 s 内的稳定度和调节细度应小于被校测量仪最大允许误差绝对值的 $1/10$ 。

标准装置应该有良好的屏蔽和接地，以减小外界干扰。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

测量仪校准项目见表 3。

表 3 校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	交流电压	4	6.2.2
2	交流电流	4	6.2.3
3	交流功率	4	6.2.4
4	频率	4	6.2.5
5	功率因数（相位）	4	6.2.6

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

被校测量仪通电后应清晰显示所测数据，按说明书要求进行预热并工作正常；根据被校测量仪的功能和量程，设置好标准器相应的功能和量程。

6.2.2 交流电压

通常选取 50 Hz 作为校准频率点，在测量范围内均匀选取不少于 5 个电压校准点，对测量仪的电压示值误差进行校准。

有扩展频率范围的测量仪，在测量仪频率范围内选取包括最大频率点和最小频率点在内的不少于 5 个频率点，对交流电压的一个常用点进行示值误差校准。

6.2.2.1 标准源法

a) 接线如图 2 所示的电压部分。

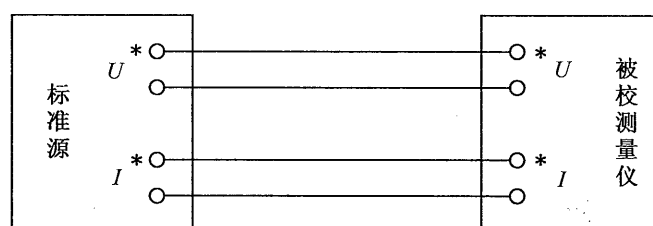


图 2 标准源法接线图

注：图中“*”为同名端。

b) 调节标准源电压输出至校准点 U_N ，被校测量仪电压显示值为 U_x ，则被校测量仪电压的示值误差 Δ_U 为：

$$\Delta_U = U_x - U_N \quad (1)$$

相对误差 γ_U 为：

$$\gamma_U = \frac{U_x - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

Δ_U ——被校测量仪交流电压示值误差，V；

U_x ——被校测量仪交流电压显示值，V；

U_N ——交流电压标准值, V;

γ_U ——被校测量仪交流电压相对误差, %。

6.2.2.2 标准表法

a) 接线如图 3 所示的电压部分。

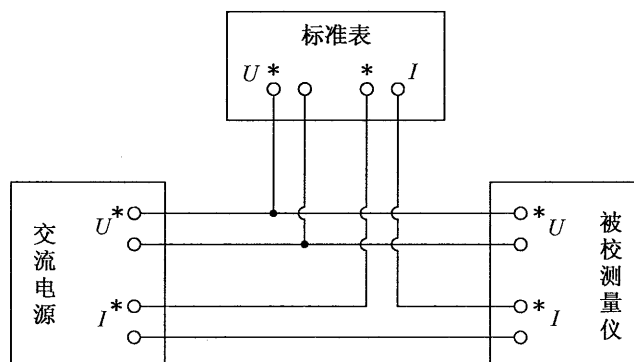


图 3 标准表法接线图

b) 调节交流电源的电压输出至校准点, 标准电压表的显示值为 U_N , 被校测量仪显示值为 U_x , 则被校测量仪电压的示值误差按式 (1) 计算, 相对误差按式 (2) 计算。

6.2.3 交流电流

通常选取 50 Hz 作为校准频率点, 在测量范围内均匀选取不少于 5 个电流校准点, 对测量仪的电流示值误差进行校准。

有扩展频率范围的测量仪, 在测量仪频率范围内选取包括最大频率点和最小频率点在内的不少于 5 个频率点, 对交流电流的一个常用点进行示值误差校准。

6.2.3.1 标准源法

a) 接线如图 2 所示的电流部分。

b) 调节交流电源电流输出至校准点 I_N , 被校测量仪电流显示值为 I_x , 则被校测量仪电流的示值误差 Δ_I 为:

$$\Delta_I = I_x - I_N \quad (3)$$

相对误差 γ_I 为:

$$\gamma_I = \frac{I_x - I_N}{I_N} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

Δ_I ——被校测量仪交流电流示值误差, A;

I_x ——被校测量仪交流电流显示值, A;

I_N ——交流电流标准值, A;

γ_I ——被校测量仪交流电流相对误差, %。

6.2.3.2 标准表法

a) 接线如图 3 所示的电流部分。

b) 参照电压校准中的标准表法进行电流校准, 被校测量仪的电流的示值误差按式 (3) 计算, 相对误差按式 (4) 计算。

6.2.4 交流功率

通常选取 50 Hz 作为校准频率点, 电压选择常用点 (110 V、220 V 或 380 V) 作为基本量程, 在电压基本量程下, 电流在测量范围内均匀选取不少于 5 个点进行功率示值误差的校准; 在电压非基本量程下电流可选择任意一个或几个点校准。功率因数选择 1.0、0.5 C (容性)、0.5 L (感性) 3 个值, 其中 0.5 C、0.5 L 的功率因数仅在电流量程的某一个点进行校准。

有扩展频率范围的测量仪, 在测量仪频率范围内选取包括最大频率点和最小频率点在内的不少于 5 个频率点, 在功率因数为 1.0 时对交流功率的一个常用点进行示值误差校准。

6.2.4.1 单相功率

(1) 标准源法

a) 接线如图 2 所示。

b) 调节标准源的输出电压至额定值 U_N , 设置功率因数 $\cos\varphi_N$, 调节标准源的输出电流 I_N , 使输出功率至校准点 P_N , 被校测量仪的功率显示值为 P_x , 则被校测量仪功率的示值误差 Δ_P 为:

$$\Delta_P = P_x - P_N \quad (5)$$

相对误差 γ_P 为:

$$\gamma_P = \frac{P_x - P_N}{P_S} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

Δ_P ——被校测量仪交流功率示值误差, W;

P_x ——被校测量仪交流功率显示值, W;

P_N ——交流功率标准值, W;

γ_P ——被校测量仪交流功率相对误差, %;

P_S ——交流功率标准值为 P_N 时的视在功率, W。

(2) 标准表法

a) 接线如图 3 所示。

b) 调节交流电源的输出电压使标准功率表电压显示为额定值 U_N , 并设置功率因数使标准功率表显示值为 $\cos\varphi_N$, 调节交流电源的输出电流, 使功率输出至校准点, 标准功率表功率显示值为 P_N , 被校测量仪功率显示值为 P_x , 则被校测量仪功率的示值误差按式 (5) 计算, 相对误差按式 (6) 计算。

6.2.4.2 三相功率

(1) 标准源法

a) 接线如图 4 所示 (三相四线功率), 或如图 5 所示 (三相三线功率)。

b) 调节标准源的各相输出电压至额定值 U_N , 设置功率因数 $\cos\varphi_N$, 调节标准源的各相输出电流 I_N , 使输出总功率至校准点 P_N , 被校测量仪的总功率显示值为 P_x , 则被校测量仪功率的示值误差按式 (5) 计算, 相对误差按式 (6) 计算。

(2) 标准表法

a) 接线如图 6 所示（三相四线功率），或如图 7 所示（三相三线功率）。

b) 调节交流电源的输出电压使标准功率表电压显示为额定值 U_N ，并设置功率因数使标准功率表显示值为 $\cos\varphi_N$ ，调节交流电源的输出电流，使功率输出至校准点，标准功率表功率显示值为 P_N ，被校测量仪功率显示值为 P_x ，则被校测量仪功率的示值误差按式 (5) 计算，相对误差按式 (6) 计算。

注：对于电流测量回路需要加实体负载的测量仪的校准方法可参照附录 E。

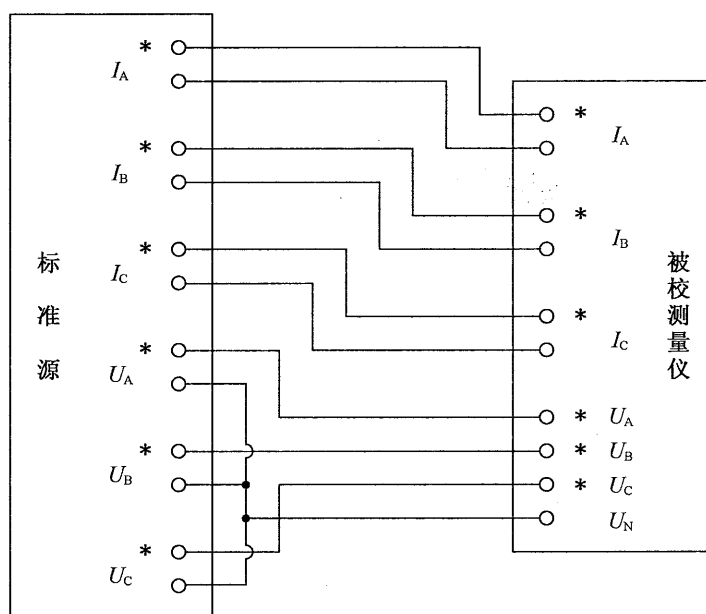


图 4 三相四线功率标准源法接线图

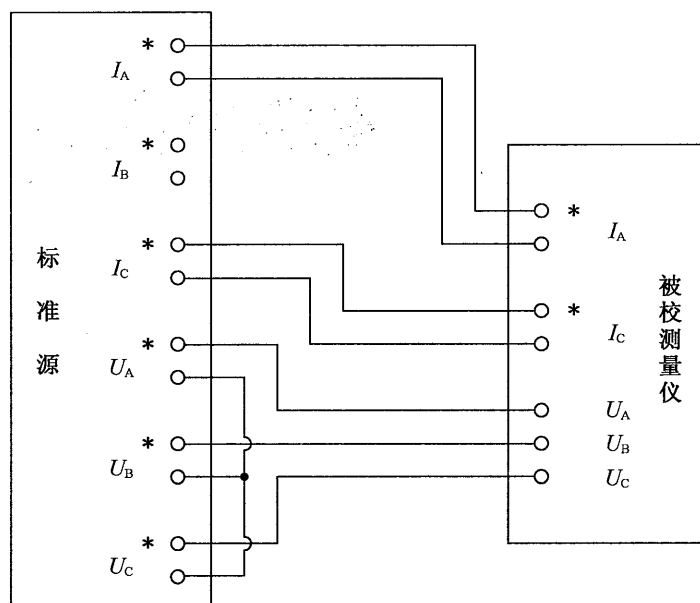


图 5 三相三线功率标准源法接线图

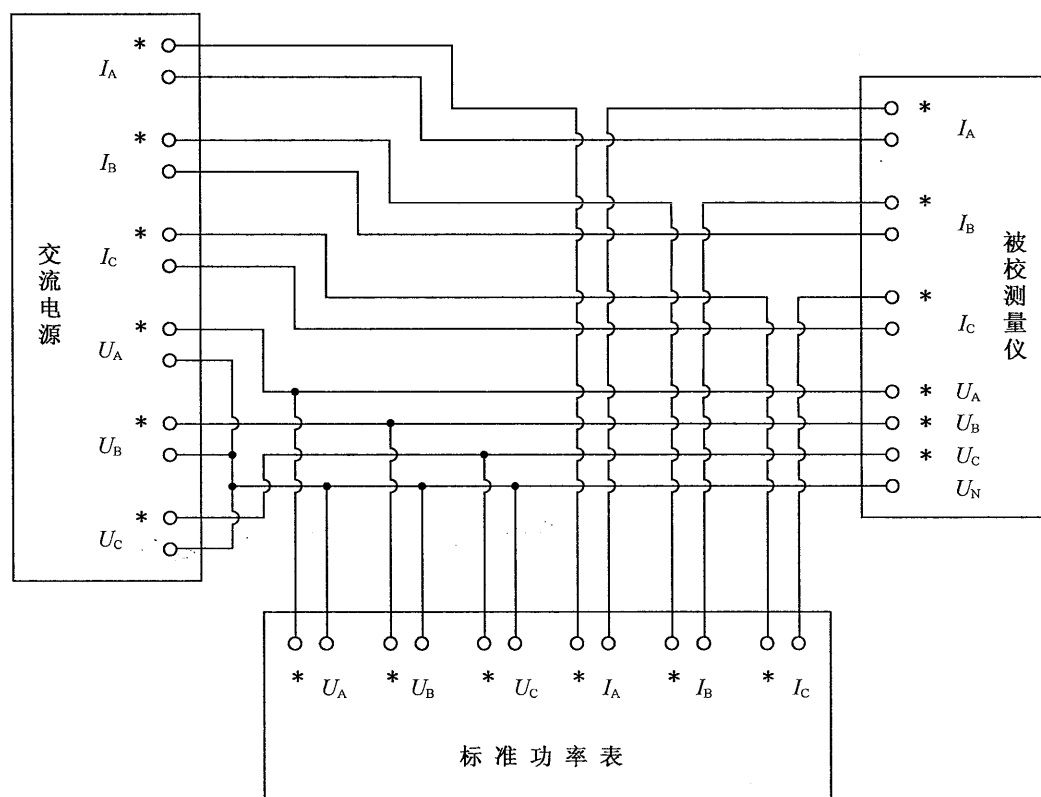


图 6 三相四线功率标准表法接线图

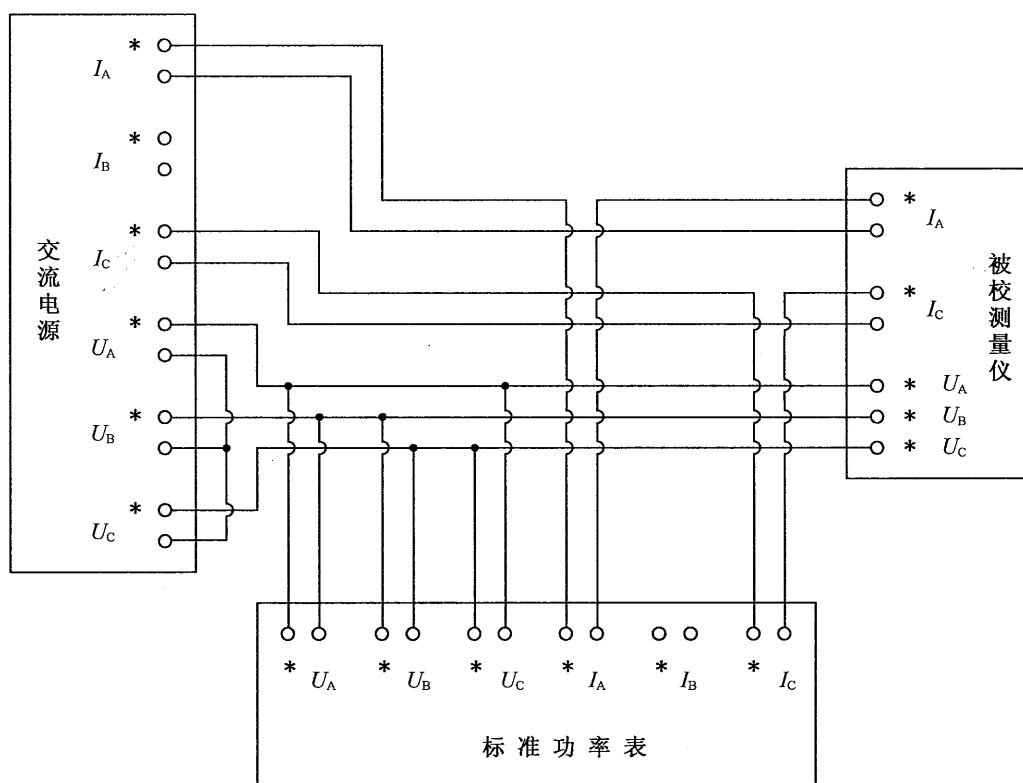


图 7 三相三线功率标准表法接线图

6.2.5 频率

校准时电压通常选择常用点，在频率测量范围内均匀选取不少于 3 个频率校准点。

6.2.5.1 标准源法

a) 接线如图 2 所示的电压部分。

b) 设置标准源的输出电压至选定值，调节标准源的输出频率至校准点 f_N ，被校测量仪频率显示值为 f_x ，则被校测量仪频率的示值误差 Δ_f 为：

$$\Delta_f = f_x - f_N \quad (7)$$

相对误差 γ_f 为：

$$\gamma_f = \frac{f_x - f_N}{f_N} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

Δ_f ——被校测量仪频率示值误差，Hz；

f_x ——被校测量仪频率显示值，Hz；

f_N ——频率标准值，Hz；

γ_f ——被校测量仪频率相对误差，%。

6.2.5.2 标准表法

a) 接线如图 3 所示的电压部分。

b) 参照电压校准中的标准表法进行频率校准，被校测量仪的频率的示值误差按式 (7) 计算，相对误差按式 (8) 计算。

6.2.6 功率因数（相位）

被校测量仪根据其显示方式的不同分为功率因数显示和相位显示。功率因数无量纲，相位的单位为度（°）。

通常选取 50 Hz 作为校准频率点，电压、电流可以选择常用点。功率因数校准点通常选择 1.0、0.8 L、0.5 L、0.2 L、0.8 C、0.5 C、0.2 C；相位校准点通常选择 0°，超前 30°，超前 60°，90°，滞后 30°，滞后 60°。

6.2.6.1 标准源法

a) 接线如图 2 所示。

b) 分别设定标准源的输出电压、输出电流至选定值，调节标准源的输出功率因数（相位）至校准点 PF_N (φ_N)，被校测量仪显示值为 PF_x (φ_x)，则被校测量仪功率因数（相位）的示值误差 Δ_{PF} (Δ_φ) 为：

$$\Delta_{PF} = PF_x - PF_N \quad (9)$$

$$\Delta_\varphi = \varphi_x - \varphi_N \quad (10)$$

式中：

Δ_{PF} ——被校测量仪功率因数示值误差；

PF_x ——被校测量仪功率因数显示值；

PF_N ——功率因数标准值；

Δ_φ ——被校测量仪相位示值误差，(°)；

φ_x ——被校测量仪相位显示值，(°)；

φ_N ——相位标准值, (°)。

6.2.6.2 标准表法

a) 接线如图 3 所示。

b) 分别设定交流电源的输出电压、输出电流至选定值, 调节交流电源的输出功率因数(相位)至校准点, 标准功率因数(相位)表显示为 $PF_N(\varphi_N)$, 被校测量仪显示值为 $PF_x(\varphi_x)$, 则被校测量仪功率因数(相位)的示值误差按式(9)或式(10)计算。

7 校准结果表达

校准后, 出具校准证书。校准结果应在校准证书上反映, 校准证书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) 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声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

校准原始记录格式见附录 B, 校准证书内页格式见附录 C、附录 D。

8 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

数字式交流电参数测量仪交流功率测量结果不确定度评定

本示例用标准功率源作为标准器,采用标准源法对数字式交流电参数测量仪(以下简称测量仪)交流功率示值误差进行校准。并对交流功率示值误差的测量结果不确定度进行评定。

A.1 测量方法

采用标准源法,用标准源输出功率标准值 P_N ,从被校测量仪上读取显示值 P_x 。计算被校测量仪功率的示值误差 Δ_P 。

A.2 测量模型

$$\Delta_P = P_x - P_N$$

式中:

Δ_P ——被校测量仪交流功率示值误差, W;

P_x ——被校测量仪交流功率显示值, W;

P_N ——交流功率标准值, W。

在实际校准中,由于在恒温 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的条件下进行,根据产品说明书,标准功率源技术指标在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 全部符合,所以标准功率源的温度影响可忽略。被校测量仪在 $(0 \sim 40)^\circ\text{C}$ 时满足技术指标,所以温度影响也可忽略。

由导线的热电势和电流的泄漏所带来的不确定度,也可以忽略。由环境湿度、大气压力、人为因素等带来的不确定度,远远小于以下分析的不确定度分量,均予忽略。

A.3 不确定度分量的评定

由测量模型可知,示值误差的不确定度由 P_x 、 P_N 引入。本文中以功率 1 100 W,频率 50 Hz 为例进行分析。

A.3.1 被校测量仪引入的标准不确定度 $u(P_x)$ a) 被校测量仪分辨力引入的标准不确定度 $u_1(P_x)$

测量 1 100 W 功率,被校测量仪的分辨力为 1 W,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则:

$$u_1(P_x) = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.29(\text{W})$$

b) 被校测量仪重复性引入的标准不确定度 $u_2(P_x)$

等精度独立测量十次,数据如下:

单位: W

测量次数	1	2	3	4	5
测量值	1 100	1 101	1 100	1 100	1 101
测量次数	6	7	8	9	10
测量值	1 101	1 100	1 101	1 101	1 101

$$\text{单次测量的标准差 } s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} \approx 0.52(\text{W})$$

$$u_2(P_x) = s(x_i) = 0.52(\text{W})$$

被校测量仪引入的标准不确定度取分辨力和重复性引入的标准不确定度中较大者, 即:

$$u(P_x) = 0.52(\text{W})$$

A.3.2 标准源引入的标准不确定度 $u(P_N)$

标准源功率输出 1 100 W, 频率 50 Hz 时, 最大允许误差为 $\pm (260 \times 10^{-6} \times \text{输出值})$, 在此区间按均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(P_N) = \frac{1\,100 \times 0.026\%}{\sqrt{3}} = \frac{0.286}{\sqrt{3}} \approx 0.17(\text{W})$$

A.4 合成不确定度 $u_c(\Delta_P)$

A.4.1 灵敏系数

由测量模型 $\Delta_P = P_x - P_N$, 可求灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_P}{\partial P_x} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta_P}{\partial P_N} = -1$$

功率示值误差测量结果不确定度分量一览表

输入量	估计值	标准不确定度	c_i	概率分布	不确定度分量
P_x	1 101 W	0.52 W	1	正态	0.52 W
P_N	1 100 W	0.17 W	-1	均匀	-0.17 W

A.4.2 合成标准不确定度

$$\begin{aligned} u_c^2(\Delta_P) &= \left[\frac{\partial \Delta_P}{\partial P_x} u(P_x) \right]^2 + \left[\frac{\partial \Delta_P}{\partial P_N} u(P_N) \right]^2 \\ &= [c_1 u(P_x)]^2 + [c_2 u(P_N)]^2 \\ u_c(\Delta_P) &= \sqrt{0.52^2 + 0.17^2} \\ &\approx 0.55(\text{W}) \end{aligned}$$

A.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U = 2 \times 0.55 \text{ W} = 1.1(\text{W})$$

$$U_{\text{rel}} = 0.1\%$$

附录 B

校准原始记录格式

数字式交流电参数测量仪校准原始记录

证书编号：

被校仪器信息

委托单位名称			
委托单位地址			
委托仪器名称			
生产单位			
规格型号		仪器编号	

标准设备信息

标准器名称	型号	编号	准确度等级、最大允许误差或不确定度	证书编号

本次校准所用测量标准的溯源性说明：

技术依据：

环境条件 温度： 相对湿度：

校准地点：

备注：

校准日期：

校准人员： 核验人员：

交流功率校准：

量程	设定值			标准值	显示值	测量结果 不确定度
	电压	电流	$\cos\varphi$			

其他各参数校准：

功能	量程	标准值	显示值	测量结果不确定度

附录 C

校准证书内页格式（第 2 页）

证书编号 ××××××-××××

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准证 书编号	证书有效期至

注：

1. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

附录 D

校准证书校准结果页格式（第 3 页）

证书编号 ××××××-××××

校 准 结 果

1. 交流功率：

量程	设定值			标准值	显示值	测量结果 不确定度
	电压	电流	$\cos\varphi$			

2. 其他各参数：

功能	量程	标准值	显示值	测量结果 不确定度

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059 的要求。

敬告：

1. 被校准仪器修理后，应立即进行校准。
2. 在使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。
3. 根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下____个月校准一次。

校 准 员：

核 验 员：

第×页 共×页

附录 E

电源负载法校准交流功率示值误差

a) 电源负载法校准交流功率示值误差，仪器接线如图 E.1 所示。

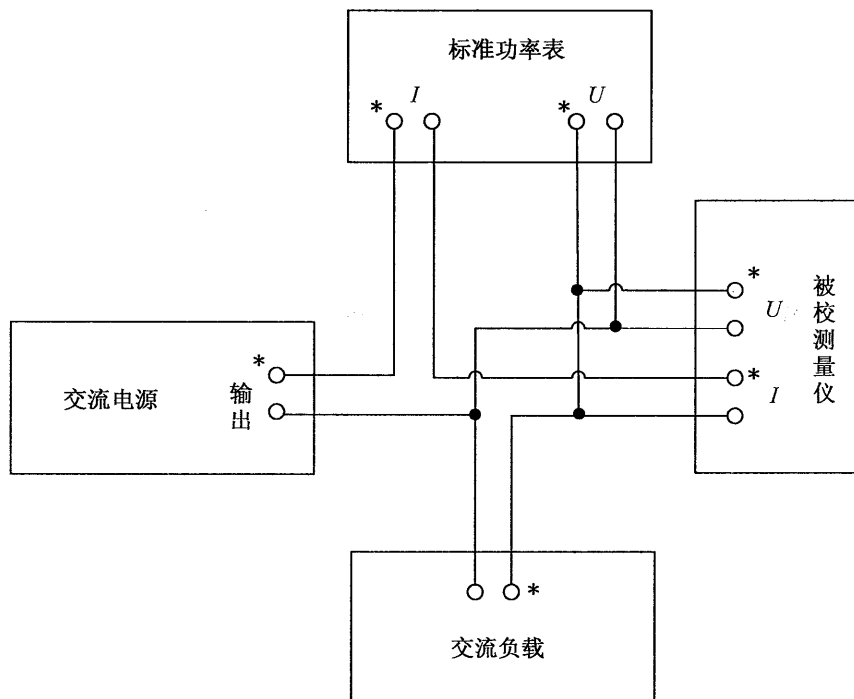


图 E.1 电源负载法校准交流功率接线图

b) 调节交流电源的输出电压使标准功率表电压显示为额定电压值 U_N ，设置好交流负载的功率因数使标准表显示值为 $\cos\varphi_N$ ，调节交流负载的大小以改变交流电源的输出电流，使功率输出至校准点，标准功率表功率显示值为 P_N ，被校测量仪功率显示值为 P_x ，则被校测量仪功率示值误差按式 (5) 计算，相对误差按式 (6) 计算。

附录 F

示值误差表达式

测量仪各参数的示值误差可以用公式 (F.1) 或公式 (F.2) 表示:

$$\Delta = \pm (a \% X_x + b \% X_m) \quad (\text{F.1})$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_x} = \pm (a \% + b \% \frac{X_m}{X_x}) \quad (\text{F.2})$$

式中:

X_x —— 测量仪的读数值;

X_m —— 测量仪的满度值;

a —— 与读数值有关的误差系数;

b —— 与满度值有关的误差系数;

Δ —— 测量仪的绝对误差;

γ —— 测量仪的相对误差。

a 和 b 一般应满足公式 (F.3) 关系:

$$a \geq 4b \quad (\text{F.3})$$

测量仪的准确度等级指数采用 $(a+b)$ 表示。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 技 术 规 范
数 字 式 交 流 电 参 数 测 量 仪 校 准 规 范
JJF 1491—2014
国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

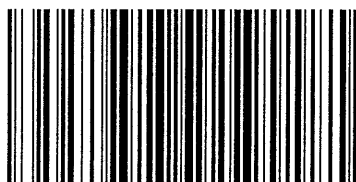
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 34 千字
2015年3月第一版 2015年3月第一次印刷

*

书号: 155026·J-2988

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



JJF 1491-2014