



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1559—2016

变频电量分析仪校准规范

Calibration Specification of Variable Frequency
Electric Quantity Analyzer

2016-03-03 发布

2016-06-03 实施



国家质量监督检验检疫总局 发布

变频电量分析仪校准规范

Calibration Specification of Variable

Frequency Electric Quantity Analyzer



JJF 1559—2016

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：湖南省计量检测研究院

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：湖南银河电气有限公司

本规范主要起草人：

吴双双（湖南省计量检测研究院）

王有贵（湖南省计量检测研究院）

刘 勤（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

李银轩（湖南省计量检测研究院）

王 宁（湖南银河电气有限公司）

徐伟专（湖南银河电气有限公司）

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)
4.1 电压	(1)
4.2 电流	(1)
4.3 相位	(1)
4.4 功率	(2)
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 校准前检查	(2)
6.2 电压	(2)
6.3 电流	(4)
6.4 相位	(6)
6.5 功率	(8)
7 校准结果表达	(11)
8 复校时间间隔	(11)
附录 A 变频电量分析仪功率测量结果的不确定度评定示例	(12)
附录 B 校准原始记录格式	(14)
附录 C 校准证书内页格式 (第 2 页)	(16)
附录 D 校准证书校准结果页格式 (第 3 页)	(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》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范为首次发布。



变频电量分析仪校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围为 5 Hz~1 500 Hz 的变频电量分析仪在特定频率下电压、电流、功率、相位的校准。

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

变频电量分析仪是由采样电路、控制单元、传输单元和数字处理器构成的以变频交流电信号为测量与分析对象的仪器。分析仪通过采样电路对被测电压、电流信号进行采样、有效值计算和傅里叶分析，显示被测信号的电压、电流、功率因数（相位）、功率等参数，其原理如图 1 所示。变频电量分析仪（以下简称分析仪）通常包括功率分析仪、电压/电流分析仪等。



图 1 分析仪原理图

4 计量特性

4.1 电压

测量范围：50 mV~10 kV

最大允许误差：± (0.05%~2%)

4.2 电流

测量范围：10 mA~1 000 A

最大允许误差：± (0.05%~2%)

4.3 相位

测量范围：0°~360°

最大允许误差：± (0.01°~0.5°)

4.4 功率

测量范围：10 mW~3 000 kW

最大允许误差：±(0.05%~2%)

注：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

分析仪校准条件见表1。

表1 校准条件

影响量	参比值及允许偏差值
环境温度	20℃±2℃
相对湿度	55%±20%
交流电源电压	220V±22V
交流电源频率	50Hz±0.5Hz
机械振动及磁场	无影响

5.2 测量标准及其他设备

标准装置的扩展不确定度应小于被校分析仪最大允许误差绝对值的1/3，且装置的测量范围应覆盖被校分析仪的电压、电流、频率范围；标准源或信号源的输出稳定度(3 min)应不大于被校分析仪最大允许误差绝对值的1/10；标准源或信号源的调节细度应不大于被校分析仪最大允许误差绝对值的1/10；测量标准及配套设备选择可参照表2。

表2 测量标准及配套设备

校准参数	标准源法	标准表法
电压	标准电压源	电压信号源、标准电压互感器、标准分压器、标准电压表
电流	标准电流源	电流信号源、标准电流互感器、标准分流器、标准电流表
功率	标准功率源	功率信号源、标准功率表
相位	标准功率源	功率信号源、标准相位计、标准分流器、标准分压器

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前检查

被校分析仪外形结构应完好，标志清晰、正确、完整；外露部件（面板、按钮、接线端子等）不应松动破损；显示应清晰、亮度均匀；被校分析仪按说明书进行通电预热后应能正常工作。

6.2 电压

6.2.1 校准点的选择

在分析仪电压量程范围内（包括量程上限值在内）均匀选取不少于5个电压校准点，多电压量程分析仪的各量程不少于2个点，优先选择满量程、1/2量程、1/3量程；电压信号频率选择不少于3个点，优先选择上限频率、下限频率和参考频率或者典型频率。

6.2.2 标准源法

a) 校准接线如图2所示。

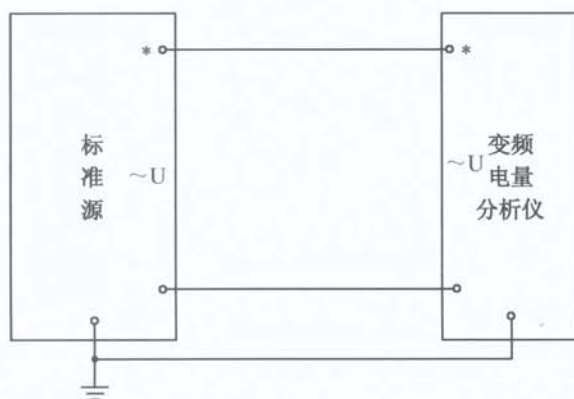


图2 标准源法电压校准接线图

b) 调节标准源的电压、频率输出至校准点，读取标准源的电压输出值 U_s 和被校分析仪电压显示值 U_x ，则被校分析仪电压示值绝对误差 Δ_U 按式 (1) 计算。

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

相对误差 γ_U 按式 (2) 计算。

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

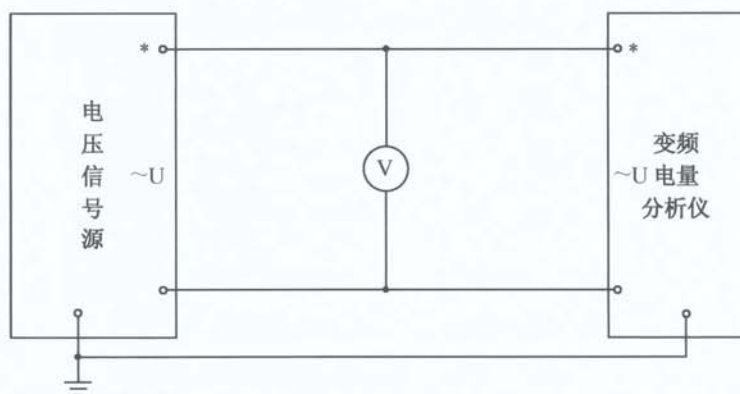
式中：

U_x ——分析仪电压测量显示值，V；

U_s ——电压标准值，V。

6.2.3 标准表法

a) 校准点电压在标准电压表量程范围内时，校准接线如图3所示。调节电压信号源的电压、频率输出至校准点，读取标准电压表示值 U_s 和被校分析仪示值 U_x ，则被校分析仪电压示值误差按式 (1)、式 (2) 进行计算。



V—标准电压表

图3 标准表法电压校准接线图

b) 校准点电压超出标准电压表量程时，采用分压器或电压互感器扩展标准电压表量程的校准接线如图4所示。调节信号源的电压、频率输出至校准点，读取标准电压表示值 U_s 和被校分析仪电压示值 U_x ，则被校分析仪电压示值绝对误差 Δ_U 按式 (3) 计算。

$$\Delta_U = U_x - K_U U_s \quad (3)$$

相对误差 γ_U 按式 (4) 计算。

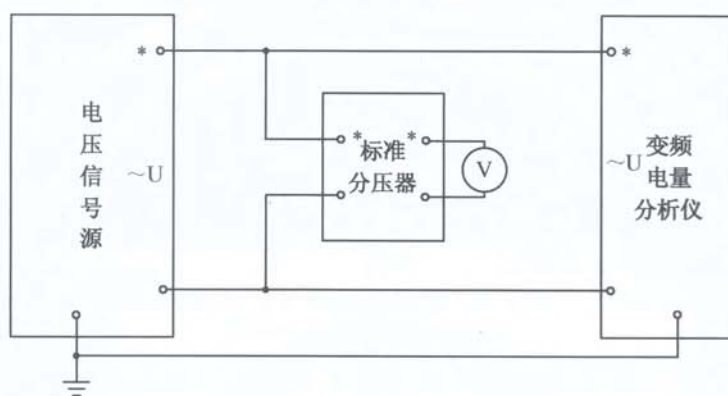
$$\gamma_U = \frac{U_x - K_U U_s}{K_U U_s} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

U_x ——分析仪电压测量显示值，V；

K_U ——标准分压器的分压比，V/V；

U_s ——标准电压表读数，V。



V—标准电压表

图 4 分压器扩展量程的标准表法电压校准接线图

6.3 电流

6.3.1 校准点选择

在分析仪电流量程范围内（包括量程上限值在内）均匀选取不少于 5 个电流校准点，多电流量程分析仪的各量程不少于 2 个点，优先选择满量程、1/2 量程、1/3 量程；电流信号频率选择不少于 3 个点，优先选择上限频率、下限频率和参考频率或者典型频率。

6.3.2 标准源法

a) 校准接线如图 5 所示。

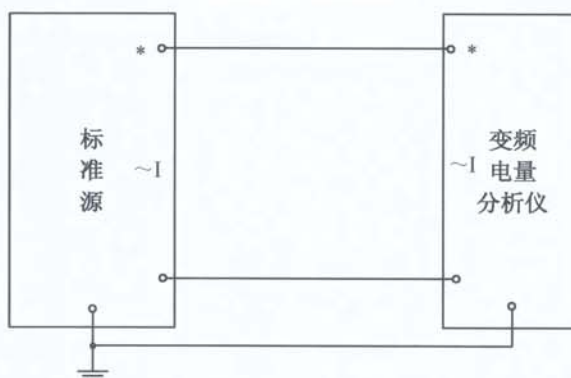


图 5 标准源法电流校准接线图

b) 调节标准源的电流、频率输出至校准点, 读取标准源输出电流值 I_S 和被校分析仪电流示值 I_X , 则被校分析仪电流示值绝对误差 Δ_I 按式 (5) 计算。

$$\Delta_I = I_X - I_S \quad (5)$$

相对误差 γ_I 按式 (6) 计算。

$$\gamma_I = \frac{I_X - I_S}{I_S} \times 100\% \quad (6)$$

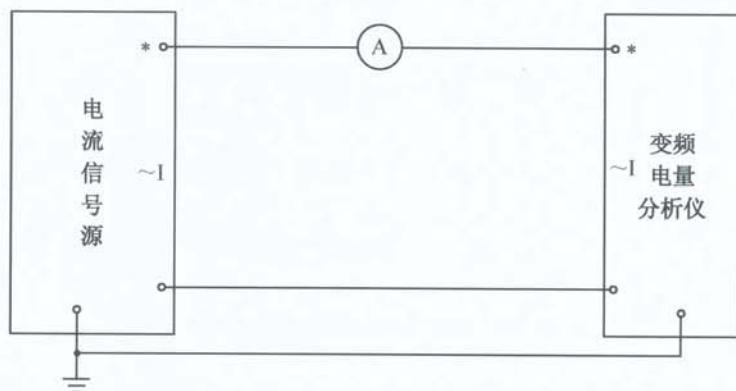
式中:

I_X ——分析仪电流测量显示值, A;

I_S ——电流标准值, A。

6.3.3 标准表法

a) 校准点电流在标准电流表量程范围内时, 校准接线如图 6 所示。调节信号源的电流、频率输出至校准点, 读取标准电流表示值 I_S 和被校分析仪电流示值 I_X , 则被校分析仪电流示值误差按式 (5)、式 (6) 进行计算。



A—标准电流表

图 6 标准表法电流校准接线图

b) 校准点超出标准电流表量程时, 采用分流器或电流互感器扩展标准电流表量程的校准接线如图 7 所示。调节信号源的电流、频率输出至校准点, 读取标准表示值为 A_S 和被校分析仪电流示值 I_X , 则被校分析仪电流示值绝对误差按式 (7) 计算。

$$\Delta_I = I_X - K_I A_S \quad (7)$$

相对误差 γ_I 按式 (8) 计算。

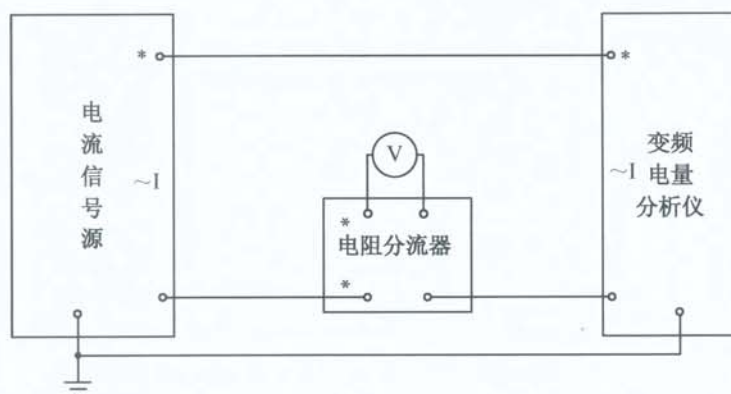
$$\gamma_I = \frac{I_X - K_I A_S}{K_I A_S} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

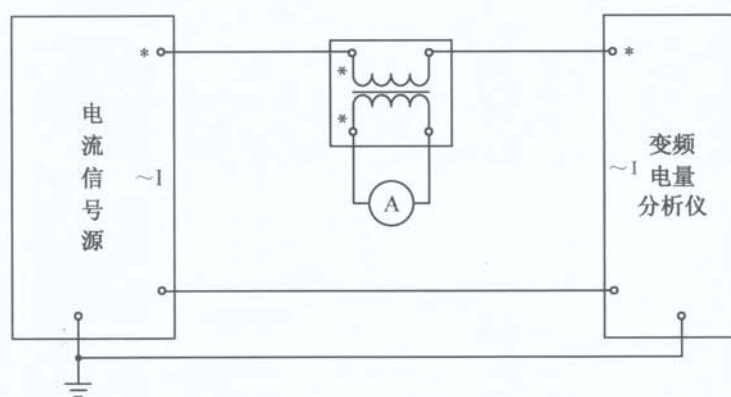
I_X ——分析仪电流测量显示值, A;

K_I ——标准分流器的分流比值, A/V、A/A;

A_S ——标准分流器输出值, V、A。



a) 电阻分流器扩展量程



b) 电流互感器扩展量程

V—标准电压表；A—标准电流表

图7 分流器扩展量程的标准表法电流校准接线图

6.4 相位

6.4.1 校准点的选择

分析仪相位校准在分析仪电压、电流最小量程上限或者根据用户需求量程进行。电压、电流信号频率在分析仪的工作频率范围内均匀选取不少于5个频率点；电压和电流的相位差在 0° 、 60° 、 90° 、 180° 、 240° 、 270° 中选择不少于3个点，或者按照用户需求选择。

6.4.2 标准源法

a) 校准接线如图8所示（三相三线、三相四线分析仪相位校准参照单相相位校准进行）。

b) 按校准点设置标准源的电压、电流、频率和相位输出，待稳定后读取标准源输出相位差 φ_s 和被校分析仪相位差示值 φ_x ，则被校分析仪的相位误差按式(9)计算。

$$\Delta_\varphi = \varphi_x - \varphi_s \quad (9)$$

式中：

Δ_φ ——相位示值误差， $(^\circ)$ ；

φ_x ——分析仪相位显示值， $(^\circ)$ ；

φ_s ——相位标准值， $(^\circ)$ 。

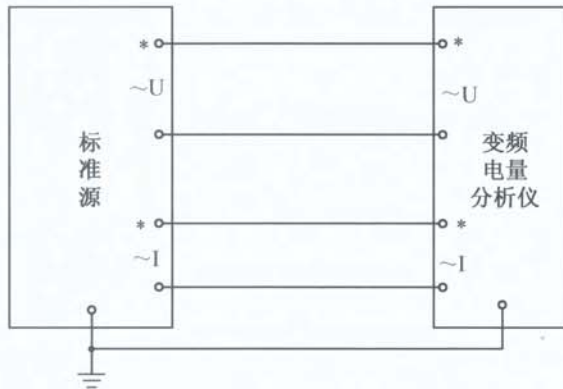
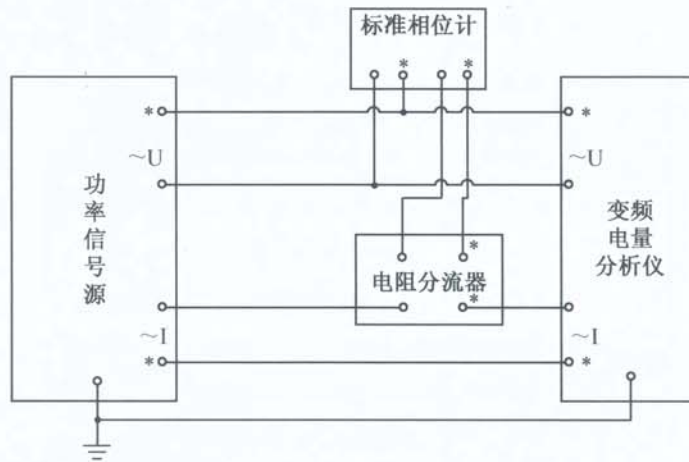


图8 标准源法单相相位校准接线图

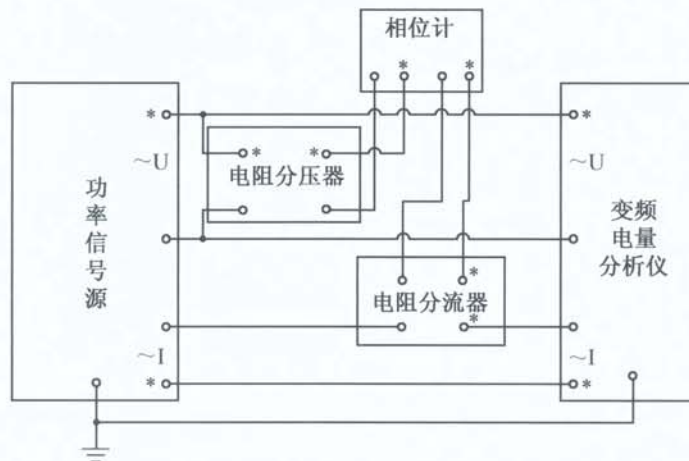
6.4.3 标准表法

a) 校准接线如图9所示，利用分流器将电流转换为电压进行相位测量（三相四线分析仪相位校准参照单相相位校准进行）。当电压超出相位计量程时，采用分压器将电压分压后进行相位测量。

b) 按校准点设置信号源的电压、电流、频率和相位输出，待稳定后读取相位计示值 φ_s 和被校分析仪相位示值 φ_x ，则被校分析仪的相位基本误差按式（9）计算。

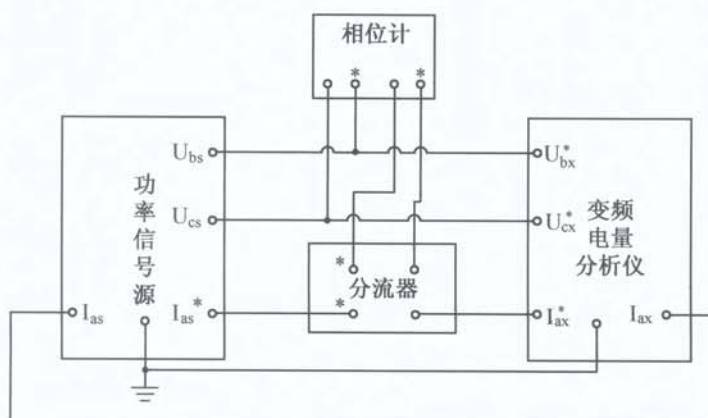


a) 相位计直接测量单相相位



b) 用电阻分压器、电阻分流器变换测量单相相位

图9 标准表法相位校准接线图



c) 相位计直接测量三相三线相位

图 9 (续)

6.5 功率

6.5.1 校准点的选择

功率校准点按以下选择进行组合：

a) 电压在量程范围内选取不少于 5 个点（包含量程上限、1/2 量程）；多量程至少选择包括最大量程、最小量程在内的 3 个量程，每量程不少于 2 个点。

b) 电流在量程范围内选取不少于 5 个点（包含量程上限、1/2 量程）；多量程至少选择包括最大量程、最小量程在内的 3 个量程，每量程不少于 2 个点。

c) 在工作频率范围内选取不少于 3 个点（包含频率上限、频率下限、参考频率或典型频率）。

d) 功率因数不少于 2 个点，优先在 0.05 (L)、0.05 (C)、0.2 (L)、0.2 (C)、1.0 中选择。

e) 校准点也可按照用户需求进行选择。

6.5.2 标准源法

a) 单相校准接线与图 8 相同，三相校准接线如图 10 所示，被校分析仪是三相三线制时，零线 (U_{0S}) 不连接。

b) 按校准点设置标准源的电压、电流、频率和功率因数输出值，读取标准源的输出功率 P_S 和被校分析仪的显示功率 P_X ，分析仪功率示值绝对误差 Δ_P 按式 (10) 计算。

$$\Delta_P = P_X - P_S \quad (10)$$

分析仪功率相对误差 γ_P 按式 (11) 计算。

$$\gamma_P = \frac{P_X - P_S}{P_S} \times 100\% \quad (11)$$

式中：

P_X ——被校分析仪的功率示值，W；

P_S ——功率标准值，W；

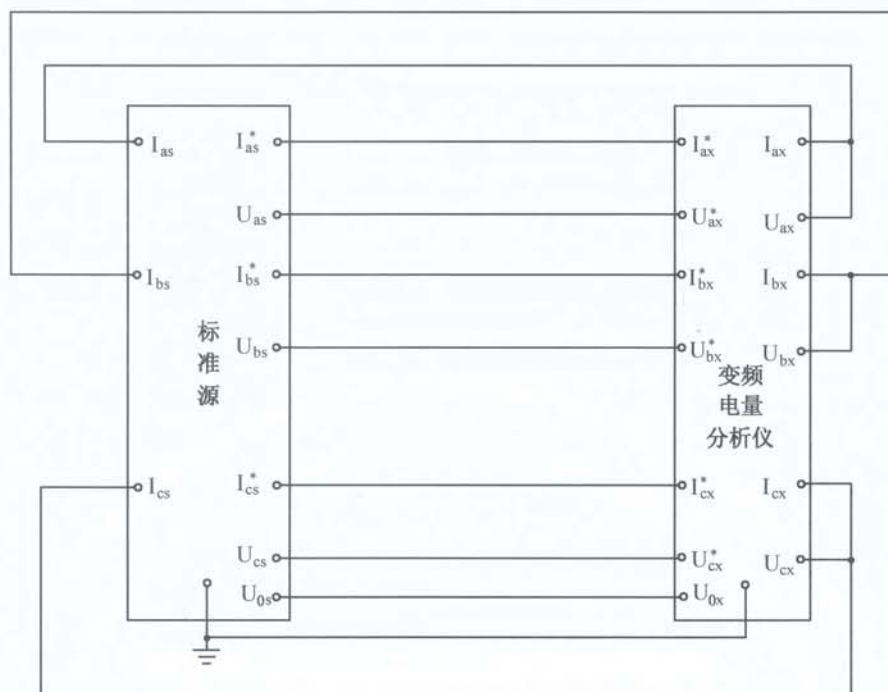


图 10 标准源法三相功率校准接线图

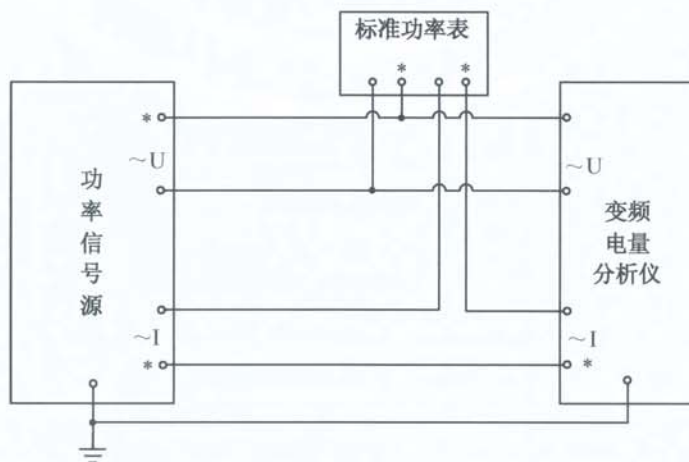
6.5.3 标准表法

a) 校准接线如图 11 所示，被校分析仪是三相三线制时，零线 (U_{0s}) 不连接。

b) 按校准点设置标准源的电压、电流、频率和功率因数输出值，读取标准功率表的示值 P_s 和被校分析仪的功率示值 P_x ，按式 (10)、式 (11) 计算分析仪功率基本误差。

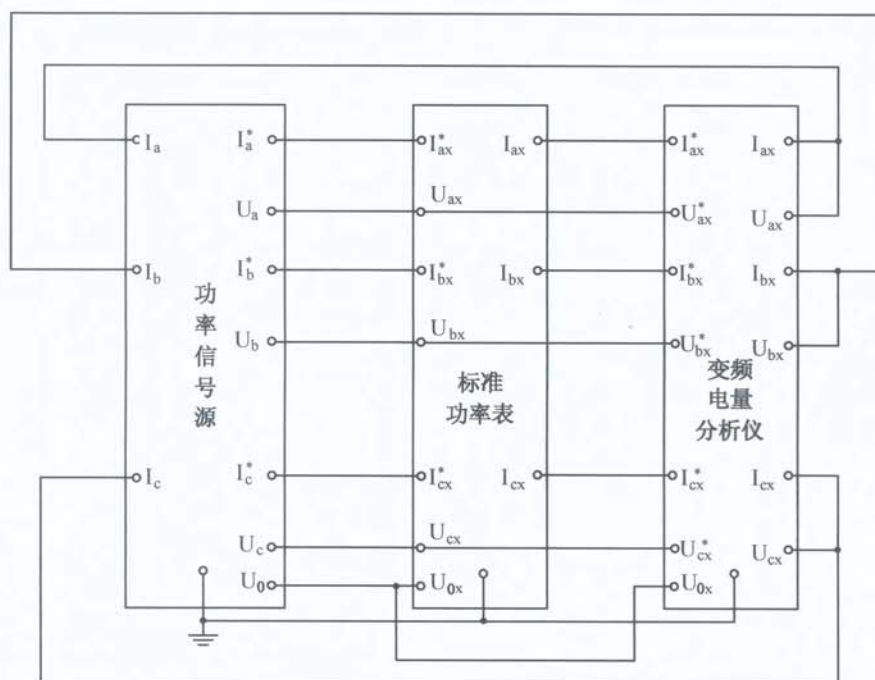
c) 电压、电流超出标准功率表的量程时，采用分压器、分流器扩展标准功率表的量程，校准接线如图 12 所示，三相分析仪的功率校准可采用相同的方法进行量程扩展。

d) 按校准点设置功率信号源的电压、电流和功率因数输出值，读取标准功率表的示值 P_s 和被校分析仪的功率示值 P_x ，分析仪功率示值绝对误差 Δ_P 按式 (12) 计算。



a) 单相功率

图 11 标准表法功率校准接线图



b) 三相功率

图 11 (续)

$$\Delta_P = P_X - K_U K_I P_S \quad (12)$$

相对误差 γ_P 按式 (13) 计算。

$$\gamma_P = \frac{P_X - K_U K_I P_S}{K_U K_I P} \times 100\% \quad (13)$$

式中：

P_X ——被校分析仪的功率读数，W；

K_U ——标准分压器的分压比，V/V；

K_I ——标准分流器的分流比，A/V；

P_S ——标准功率表读数，W。

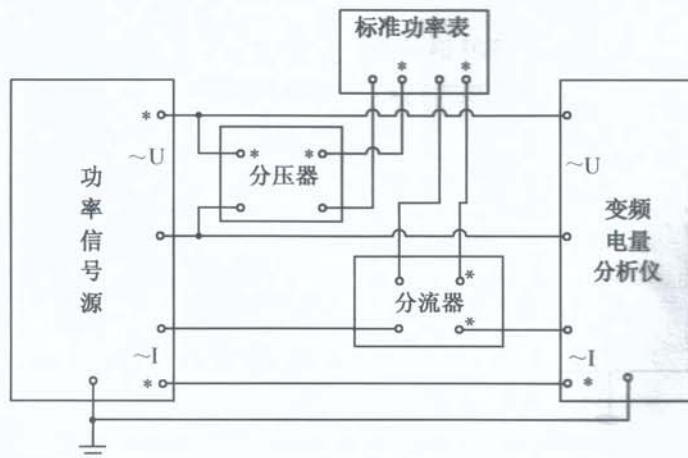


图 12 用分压器、分流器扩展量程的标准表法单相功率校准接线图

7 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。

校准原始记录格式见附录 B，校准证书（报告）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

变频电量分析仪功率测量结果的不确定度评定示例

本示例采用标准源法对变频电量分析仪（以下称分析仪）功率进行校准，并对功率测量结果的不确定度进行评定。以一台标称 0.2% 的功率分析仪，在 1 000 V、5 A、20 Hz，功率因数 1.0 的测量为例来评定测量不确定度。

A.1 测量原理

采用标准源法进行校准，标准源选用标准功率源 6 100 B。设置标准功率源的功率输出 P_s ，稳定后读取被校分析仪的示值 P_x 。

A.2 测量模型

待测分析仪的功率测量结果可表示为

$$P_x = P_s + \Delta_P \quad (\text{A.1})$$

考虑到待测分析仪分辨力的影响、引线分布参数以及参考标准的标准功率源的年稳定性对测量结果的影响，测量模型成为

$$P_x = P_s + \Delta_P + \delta P_w + \delta P_{ix} \quad (\text{A.2})$$

式中：

P_x ——被校分析仪的功率示值；

P_s ——标准功率源输出值，即校准中所用参考标准；

Δ_P ——功率测量示值误差；

δP_{ix} ——分析仪分辨力对测量结果的影响；

δP_w ——测量线路、电磁场、供电电源等对测量结果的影响。

A.3 测量不确定度分量

(1) 参考标准， P_s

已知标准源年准确度为： $\pm 308 \times 10^{-6}$ （1 000 V，5 A，20 Hz，功率因数 1.0），则最大允许误差为 $\pm 0.001 54$ kW，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则引入的标准不确定度为：

$$u(P_s) = \frac{0.001 54 \text{ kW}}{\sqrt{3}} = 0.000 9 \text{ kW}$$

(2) 示值误差的测量重复性， Δ_P

采用 A 类方法进行评定。取一台 WP3000 功率分析仪对功率进行测量，在重复性条件下进行 10 次连续测量，获得一组测量值的示值误差为：0.002 kW、0.003 kW、0.003 kW、0.002 kW、0.003 kW、0.002 kW、0.003 kW、0.003 kW、0.002 kW、0.003 kW。

单次实验标准差

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2 / (10 - 1)} = 0.000 5 \text{ kW}$$

则测量不重复性引入的不确定分量为

$$u(\Delta_P) = 0.0005 \text{ kW}$$

(3) 被校分析仪分辨力带来的影响, δP_{ix}

采用 B 类方法进行评定, 被校分析仪在 5 kW 时的分辨力为 0.001 kW, 因此每个读数值可能包含的误差在 $\pm 0.0005 \text{ kW}$ 范围内, 可以认为在该范围内满足矩形分布, 引入的标准不确定度分量为

$$u(\delta P_{ix}) = \frac{0.0005 \text{ kW}}{\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ kW}$$

(4) 测量线路等因素对功率测量的影响 δP_w

测量线路及其他因素的影响估计在 $(0 \pm 0.0002) \text{ kW}$ 以内, 假定其为矩形分布, 于是其标准不确定度为

$$u(\delta P_w) = \frac{0.0002 \text{ kW}}{\sqrt{3}} = 0.00012 \text{ kW}$$

A.4 相关性

由于分辨力引入的标准不确定度小于重复性引入的标准不确定度, 则取较大者, 即不考虑分辨力引入的标准不确定度分量。其他各输入量之间未发现有任何值得考虑的相关性。

A.5 不确定度概算

表 A.1 不确定度分量汇总表

量	估计值/kW	标准不确定度/kW	概率分布	灵敏系数	不确定度分量/kW
P_s	5.0000	0.0009	正态	1	0.00089
Δ_P	0.0026	0.0005	矩形	1	0.0005
δP_w	0	0.00012	矩形	1	0.00012

A.6 合成标准不确定度

$$u_c(P_x) = \sqrt{u^2(P_s) + u^2(\Delta_P) + u^2(\delta P_w)} = 0.0010 \text{ kW}$$

A.7 扩展不确定度

测量结果的分布可认为是正态分布, 取包含因子 $k=2$, 故扩展不确定度为:

$$U = 0.002 \text{ kW}$$

A.8 结果报告

被校分析仪在在 1000 V, 5 A, 20 Hz, 功率因数 1.0 的测量结果为 5.003 kW, 其扩展不确定度 $U=0.002 \text{ kW}$, $k=2$ 。

附录 B

校准原始记录格式

变频电量分析仪原始记录

第 1 页共 2 页

委托单位：_____

仪器名称：_____ 型号：_____ 编号：_____

生产厂家：_____

环境温度：_____ °C 湿度：_____ %RH 校准地点：_____

被检分析仪准确度等级：

参数	测量范围	准确度等级/最大允许误差
电压		
电流		
功率		

检定使用的计量标准器信息

标准器名称	型号	编号	测量范围及最大允许误差	计量证书号	有效期至

1. 电压

量程	频率/Hz	标准值/V	示值/V	示值误差/V	测量不确定度 ($k=2$)

2. 电流

量程	频率/Hz	标准值/A	示值/A	示值误差/A	测量不确定度 ($k=2$)

3. 相位

电压 量程	电流 量程	频率/Hz	相位标准值 (°)	示值 (°)	示值误差 (°)	测量不确定度 ($k=2$)

变频电量分析仪原始记录

第 2 页共 2 页

4. 功率

设定值				标准值 /W	示值 /W	示值误差 /W	测量不确定度 ($k=2$)
电压/V	电流/A	频率/Hz	功率因数				

校准人员：

核验人员：

校准日期：

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	校准/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。

第×页共×页

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. 电压

量程	频率/Hz	标准值/V	示值/V	示值误差/V	测量不确定度 ($k=2$)

2. 电流

量程	频率/Hz	标准值/A	示值/A	示值误差/A	测量不确定度 ($k=2$)

3. 相位

电压 量程	电流 量程	频率/Hz	相位标准值 (°)	示值 (°)	示值误差 (°)	测量不确定度 ($k=2$)

4. 功率

设定值				标准值 /W	示值 /W	示值误差 /W	测量不确定度 ($k=2$)
电压/V	电流/A	频率/Hz	功率因数				

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1—2012 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：

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 技 术 规 范
变 频 电 量 分 析 仪 校 准 规 范
JJF 1559—2016

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)68533533 发行中心:(010)51780238

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 36 千字
2016年6月第一版 2016年6月第一次印刷

*

书号: 155026·J-3120 定价 24.00 元

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 1559-2016