



# 吉林省地方计量技术规范

JJF (吉) 148—2025

## 电能质量分析仪校准规范

Calibration Specification for Power Quality Analyzers

2025-11-06 发布

2026-01-01 实施

吉林省市场监督管理厅 发布

# 电能质量分析仪校准规范

Calibration Specification for  
Power Quality Analyzers

JJF (吉) 148-2025

归口单位：吉林省市场监督管理厅

主要起草单位：吉林省计量科学研究院

参加起草单位：国网吉林省电力有限公司营销服务中心

本规范委托吉林省计量科学研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

姚锡明 （吉林省计量科学研究院）

钱 芸 （吉林省计量科学研究院）

凌子松 （吉林省计量科学研究院）

付 帅 （吉林省计量科学研究院）

**参加起草人：**

于 旭 （国网吉林省电力有限公司营销服务中心）

# 目 录

|                      |      |
|----------------------|------|
| 引 言.....             | (II) |
| 1 范围.....            | (1)  |
| 2 引用文件.....          | (1)  |
| 3 术语和计量单位.....       | (1)  |
| 4 概述.....            | (2)  |
| 5 计量特性.....          | (3)  |
| 6 校准条件.....          | (4)  |
| 6.1 环境条件.....        | (4)  |
| 6.2 测量标准及其他设备.....   | (4)  |
| 7 校准项目和校准方法.....     | (6)  |
| 7.1 校准项目.....        | (6)  |
| 7.2 校准方法.....        | (6)  |
| 8 校准结果表达.....        | (17) |
| 9 复校时间间隔.....        | (17) |
| 附录 A 测量不确定度评定示例..... | (18) |
| 附录 B 校准原始记录格式.....   | (21) |
| 附录 C 校准证书内页格式.....   | (24) |

# 引 言

本规范按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编制。JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 电能质量分析仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于具有电能质量监视测量、统计分析功能的电能质量分析仪(以下简称“分析仪”)在工频下的校准,也适用于具有电能质量测量功能的综合电参数测量设备的校准。

本规范不适用于暂态谐波的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差

GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡

GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差

GB/T 17626.30 电磁兼容 试验和测量技术 第30部分:电能质量测量方法

GB/T 19862 电能质量监测设备通用要求

DL/T 1028 电能质量测试分析仪检定规程

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 术语和计量单位

### 3.1 基波分量 fundamental component

频率为基波频率的分量。

### 3.2 基波频率 fundamental frequency

对时域函数作傅里叶变换后得到的频谱中的频率,该频谱中所有频率以该频率为参考。

### 3.3 谐波分量 harmonic component

频率为谐波频率的任一分量。

### 3.4 谐波频率 harmonic frequency

基波频率整数倍的频率。

### 3.5 谐波含量(电压或电流) harmonic content (for voltage or current)

从周期性交流量中减去基波分量后所得的量。

### 3.6 谐波含有率 harmonic ratio (HR)

周期性交流量中含有的第 $h$ 次谐波分量的方均根值与基波分量的方均根值之比(用百

分数表示)。第  $h$  次谐波电压含有率用  $H_{U_h}$  表示, 第  $h$  次谐波电流含有率用  $H_{I_h}$  表示。

### 3.7 谐波次数 harmonic order ( $h$ )

谐波频率与基波频率的比值。

### 3.8 谐波功率 harmonic power

第  $h$  次谐波电压、谐波电流以及该次谐波功率因数的乘积。

### 3.9 不平衡度 unbalance factor ( $\varepsilon$ )

三相电力系统中三相不平衡的程度, 用电压或电流负序基波分量或零序基波分量与正序基波分量的方均根值百分比表示。

### 3.10 正序分量 positive-sequence component

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其正序对称系统中的分量。

### 3.11 负序分量 negative-sequence component

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其负序对称系统中的分量。

### 3.12 闪变 flicker

灯光照度不稳定造成的视感。

### 3.13 短时间闪变值 short term severity ( $P_{st}$ )

衡量短时间 (一般为 10 分钟) 内闪变强弱的一个统计量值。  $P_{st}=1$  为闪变引起视感刺激性的通常限值。

### 3.14 长时间闪变值 long term severity ( $P_{lt}$ )

由短时间闪变值  $P_{st}$  推算出, 反映长时间 (一般为 2 小时) 闪变强弱的量值。

### 3.15 电压变动特性 relative voltage change characteristic [ $d(t)$ ]

电压方均根值变动的函数, 以标称电压的百分数表示。

### 3.16 电压变动 relative voltage change ( $d$ )

电压变动特性  $d(t)$  上, 相邻两个极值电压之差。

### 3.17 电压变动频度 rate of occurrence of voltage changes ( $r$ )

单位时间内电压变动的次数 (电压由大到小或由小到大各算一次变动)。同一方向的若干次变动, 如间隔时间小于 30 ms, 则算一次变动。

## 4 概述

电能质量分析仪是对电网运行质量进行检测及分析的仪器, 可测量基波电压、基波电流、基波频率、谐波电压、谐波电流、谐波功率、三相电压不平衡度和闪变值等参数。按

用途可分为实验室型、便携型和在线监测型；按功能可分为单功能（如闪变仪）和多功能（两种及以上功能）。分析仪一般应用采样原理，对电压和电流作瞬时采样，然后作傅里叶变换，得到基波和包括直流成分在内的各次谐波的幅值和相角值，谐波功率则由谐波电压、谐波电流及它们的相位差计算得到。电能质量分析仪原理图见图 1。

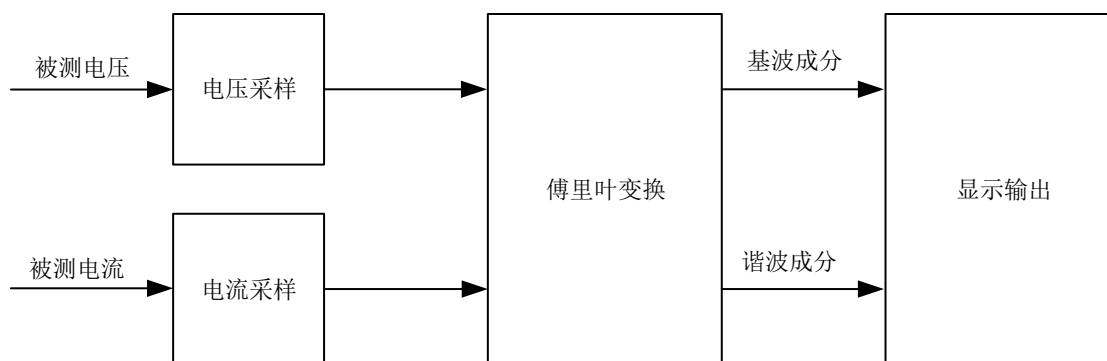


图1 电能质量分析仪原理图

## 5 计量特性

电能质量分析仪的基本电参数测量分为 A、S 两个等级。基波电压、基波电流、基波频率、三相电压不平衡度及闪变的最大允许误差见表 1，谐波功率最大允许误差见表 2，谐波电压、谐波电流的最大允许误差见表 3。以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

表1 基波电压、基波电流、基波频率、三相电压不平衡度及闪变的最大允许误差

| 被测电参数          | 最大允许误差    |           |
|----------------|-----------|-----------|
|                | A级        | S级        |
| 基波电压（相对误差）     | ± 0.1%    | ± 0.5%    |
| 基波电流（相对误差）     | ± 0.1%    | ± 0.5%    |
| 基波频率（绝对误差）     | ± 0.01 Hz | ± 0.05 Hz |
| 三相电压不平衡度（绝对误差） | ± 0.2%    | ± 0.3%    |
| 闪变（相对误差）       | ± 5%      | ± 10%     |

表2 谐波功率的最大允许误差

| 等级 | 被测电参数      | 条件                       | 最大允许误差     |
|----|------------|--------------------------|------------|
| A  | 谐波功率（绝对误差） | $P_h \geq 150 \text{ W}$ | ± 1% $P_N$ |
|    |            | $P_h < 150 \text{ W}$    | ± 1.5 W    |

注：  $P_N$  为基波功率，  $P_h$  为谐波功率。

表3 谐波电压、谐波电流的最大允许误差

| 等级   | 被测电参数       | 条件                  | 最大允许误差           |
|--|-------------|---------------------|------------------|
| A  | 谐波电压 (绝对误差) | $U_h \geq 1\% U_N$  | $\pm 5\% U_h$    |
|  |             | $U_h < 1\% U_N$     | $\pm 0.05\% U_N$ |
|  | 谐波电流 (绝对误差) | $I_h \geq 3\% I_N$  | $\pm 5\% I_h$    |
|  |             | $I_h < 3\% I_N$     | $\pm 0.15\% I_N$ |
| S  | 谐波电压 (绝对误差) | $U_h \geq 3\% U_N$  | $\pm 5\% U_h$    |
|  |             | $U_h < 3\% U_N$     | $\pm 0.15\% U_N$ |
|  | 谐波电流 (绝对误差) | $I_h \geq 10\% I_N$ | $\pm 5\% I_h$    |
|  |             | $I_h < 10\% I_N$    | $\pm 0.50\% I_N$ |
| 注：<br>1、 $U_N$ 为标称电压， $I_N$ 为标称电流；<br>2、 $U_h$ 为第 $h$ 次谐波电压显示值， $I_h$ 为第 $h$ 次谐波电流显示值。 |             |                     |                  |

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

校准电能质量分析仪时应具备的校准条件：

- a) 供电电源：(220 ± 22) V，(50 ± 1) Hz；
- b) 环境温度：(20 ± 2) °C；
- c) 相对湿度：(45 ~ 75) %；
- d) 周围环境无影响仪器正常工作的机械振动和电磁场干扰。

注：交流供电电压的允许偏差也可以参照仪器使用说明书中的规定。

### 6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 校准时所需的标准设备见表 4，也可根据被校分析仪的实际需求选择。

6.2.2 校准各项目时，由标准设备及环境条件等因素引起的扩展不确定度应不大于被校分析仪对应功能最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2.3 采用负序分析法校准分析仪的三相电压不平衡度时，标准三相比较仪电压幅值的最大允许误差应不大于 ± 0.05%，相位的最大允许误差应不大于 ± 0.05°。

表4 各校准项目所用测量设备一览表

| 校准参数名称   | 测量设备           |                             |                        |
|----------|----------------|-----------------------------|------------------------|
|          | 标准源法           | 直接比较法                       | 负序分析法                  |
| 交流电压（电流） | 标准电压（电流）源      | 电压（电流）源、标准电压（电流）表           | /                      |
| 基波频率     | 标准信号发生器        | 信号发生器、标准频率表                 | /                      |
| 谐波电压（电流） | 标准谐波电压（电流）源    | 谐波电压（电流）源、标准谐波电压（电流）测量仪器    | /                      |
| 谐波有功功率   | 标准谐波功率源        | 谐波功率源、宽频标准功率表               | /                      |
| 三相电压不平衡度 | 可调幅、调相的三相标准电压源 | 可调幅、调相的三相电压源；标准三相电压不平衡度测量仪器 | 可调幅、调相的三相电压源；标准三相电压比较仪 |
| 闪变值      | 闪变测量标准装置       | /                           | /                      |

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目见表 5。

表5 校准项目一览表

| 序号 | 校准项目       | 校准方法  |
|----|------------|-------|
| 1  | 外观及工作正常性检查 | 7.2.1 |
| 2  | 基波电压       | 7.2.2 |
| 3  | 基波电流       | 7.2.2 |
| 4  | 基波频率       | 7.2.3 |
| 5  | 谐波电压       | 7.2.4 |
| 6  | 谐波电流       | 7.2.4 |
| 7  | 谐波功率       | 7.2.5 |
| 8  | 三相电压不平衡度   | 7.2.6 |
| 9  | 闪变值        | 7.2.7 |

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观及工作正常性检查

- a) 被校分析仪应外观完好，无影响正常工作的机械损伤；
- b) 仪器名称、型号、出厂编号、生产单位或商标、生产日期、供电电源及频率、各接线柱（口）及输入输出端口应标识清晰；
- c) 附件应齐全；
- d) 各开关、旋钮、按键应能正常工作；
- e) 显示功能应正常，电气工作正常；
- f) 按照被校分析仪使用说明书的要求和规定进行预热和预调。

#### 7.2.2 基波电压、基波电流

##### 7.2.2.1 校准点的选取

- a) 通常在 50 Hz 的基波频率下，对单通道被校分析仪的基波电压、基波电流进行校准，在测量范围内均匀选取不少于（3~5）个校准点；

b) 多通道分析仪每通道均应校准, 校准点选取参考单通道分析仪。

### 7.2.2.2 校准方法

a) 标准源法: 采用的主要设备为标准电压(电流)源, 校准示意图如图2所示。

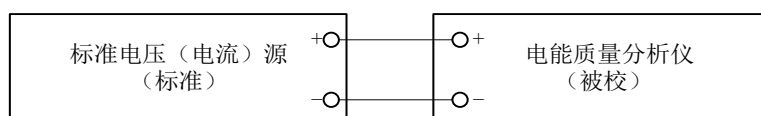


图2 标准源法基波电压、基波电流校准示意图

根据校准点设置标准电压(电流)源输出电压(电流)标准值  $Z_N$ , 读取并记录被校分析仪的电压(电流)示值  $Z_x$ , 按公式(1)计算被校分析仪的电压(电流)示值误差  $\lambda_z$ 。

$$\lambda_z = \frac{Z_x - Z_N}{Z_N} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$\lambda_z$ ——被校分析仪电压(电流)的相对误差, %;

$Z_x$ ——被校分析仪显示的电压(电流)示值, V(A);

$Z_N$ ——标准电压(电流)源(或标准电压(电流)表)输出(或显示)的电压(电流)标准值, V(A)。

b) 直接比较法: 采用的主要设备为电压(电流)源及标准电压(电流)表, 校准示意图如图3所示。

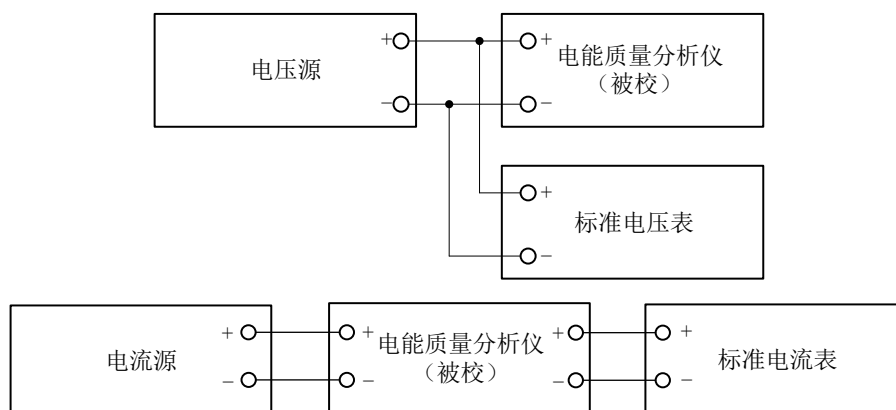


图3 直接比较法基波电压、基波电流校准示意图

设置电压(电流)源的电压(电流)输出至校准点, 读取并记录标准电压(电流)表的电压(电流)标准值  $Z_N$  和被校分析仪的电压(电流)示值  $Z_x$ , 按公式(1)计算被校分析仪的电压(电流)示值误差  $\lambda_z$ 。

## 7.2.3 基波频率

### 7.2.3.1 校准点的选取

- a) 选取被校分析仪的额定电压，也可根据实际情况或送校单位的要求选取电压点；
- b) 额定频率为 50 Hz 的，在频率测量范围内以 50 Hz 为基准选取 (3 ~ 5) 个频率点；
- c) 额定频率非 50 Hz 的，可根据实际情况或送校单位的要求选取 (3 ~ 5) 个频率点。

### 7.2.3.2 校准方法

- a) 标准源法：采用的主要设备为标准信号发生器，校准示意图如图 4 所示。

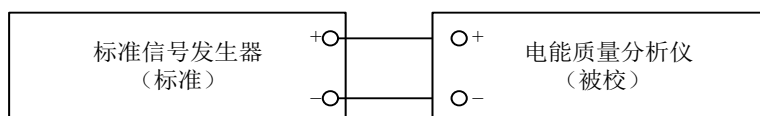


图4 标准源法基波频率校准示意图

根据校准点设置标准信号发生器输出频率标准值  $f_N$ ，读取并记录被校分析仪的频率示值  $f_x$ ，按公式 (2) 计算被校分析仪的频率示值误差  $\Delta f$ 。

$$\Delta f = f_x - f_N \quad (2)$$

式中：

$\Delta f$  —— 被校分析仪频率的绝对误差，Hz；

$f_x$  —— 被校分析仪显示的频率示值，Hz；

$f_N$  —— 标准信号发生器（或标准频率表）输出（或显示）的频率标准值，Hz。

- b) 直接比较法：采用的主要设备为信号发生器及标准频率表，校准示意图如图 5 所示。

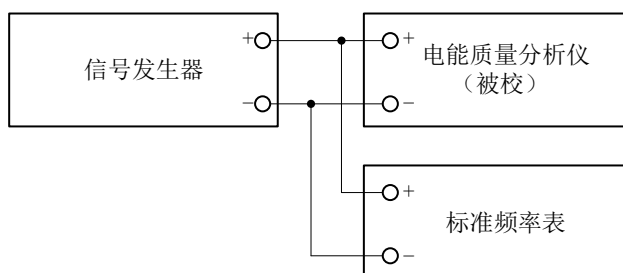


图5 直接比较法基波频率校准示意图

设置信号发生器的频率输出至校准点，读取并记录标准频率表的频率示值  $f_N$  和被校分析仪的频率标准值  $f_x$ ，按公式 (2) 计算被校分析仪的频率示值误差  $\Delta f$ 。

## 7.2.4 谐波电压、谐波电流

### 7.2.4.1 校准点的选取

- a) 优先选择常用的电压、电流值作为单通道被校分析仪的基波电压、基波电流，且基波含有率均为 100%，基波频率一般情况下选择 50 Hz，特殊用户可根据需要选择其它频率作为基波频率；

- b) 谐波电压校准点的选取见表 6 (建议采用, 但不限于表 6 选取的校准点);
- c) 谐波电流校准点的选取见表 7 (建议采用, 但不限于表 7 选取的校准点);
- d) 多通道分析仪每通道均应校准, 校准点选取参考单通道分析仪。

表6 谐波电压校准点选取表

| 等级 | 谐波电压含有率      | 谐波次数           |
|----|--------------|----------------|
| A  | 0.5%, 1%, 8% | 3、5、7、11、13、25 |
| S  | 1%, 3%, 8%   | 3、5、7、11、13、25 |

表7 谐波电流校准点选取表

| 等级 | 谐波电流含有率      | 谐波次数           |
|----|--------------|----------------|
| A  | 1%, 3%, 20%  | 3、5、7、11、13、25 |
| S  | 3%, 10%, 20% | 3、5、7、11、13、25 |

#### 7.2.4.2 校准方法

- a) 标准源法: 采用的主要设备为标准谐波电压 (电流) 源, 校准示意图如图 6 所示。

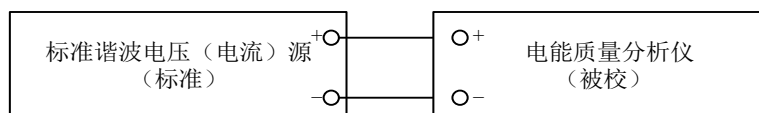


图6 标准源法谐波电压、谐波电流校准示意图

根据选定的基波电压值, 选择被校分析仪适当的电压量程, 设置标准谐波电压源输出基波电压方均根值 (有效值)  $U_N$  和表 6 中各谐波次数 ( $h$ ) 的谐波电压方均根值 (有效值)  $U_{hN}$ , 读取并记录标准谐波电压源的谐波电压含有率标准值  $H_{U_{hN}}$  和被校分析仪的谐波电压含有率示值  $H_{U_{hx}}$ 。

谐波电压含有率  $< 1\%$  (A 级) 或  $< 3\%$  (S 级) 的按公式 (3) 计算被校分析仪的谐波电压示值误差  $\Delta H_{U_h}$ , 谐波电压含有率  $\geq 1\%$  (A 级) 或  $\geq 3\%$  (S 级) 的按公式 (4) 计算被校分析仪的谐波电压示值误差  $\gamma_{U_h}$ 。

$$\Delta H_{U_h} = H_{U_{hx}} - H_{U_{hN}} \quad (3)$$

$$\gamma_{U_h} = \frac{H_{U_{hx}} - H_{U_{hN}}}{H_{U_{hN}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

$\Delta H_{U_h}$  ——被校分析仪第  $h$  次谐波电压含有率的绝对误差, %;

$H_{U_{hx}}$  ——被校分析仪显示的第  $h$  次谐波电压含有率示值, %;

$H_{U_{hN}} = \frac{U_{hN}}{U_N} \times 100\%$  ——标准谐波电压源 (或标准谐波电压测量仪器) 输出 (或显示)

的第  $h$  次谐波电压含有率标准值, %;

$U_{hN}$  ——标准谐波电压源 (或谐波电压源) 输出的第  $h$  次谐波电压方均根值 (有效值),

V;

$U_N$  ——标准谐波电压源 (或谐波电压源) 输出的基波电压方均根值 (有效值), V;

$\gamma_{U_h}$  ——被校分析仪第  $h$  次谐波电压含有率的相对误差, %。

根据选定的基波电流值, 选择被校分析仪适当的电流量程, 设置标准谐波电流源输出基波电流标准方均根值 (有效值)  $I_{hN}$  和表 7 中各谐波次数 ( $h$ ) 的谐波电流方均根值 (有效值)  $I_N$ , 读取并记录标准谐波电流源的谐波电流含有率标准值  $H_{I_{hN}}$  和被校分析仪的谐波电流含有率示值  $H_{I_{hx}}$ 。

谐波电流含有率  $< 3\%$  (A 级) 或  $< 10\%$  (S 级) 的按公式 (5) 计算被校分析仪的谐波电流示值误差  $\Delta H_{I_h}$ , 谐波电流含有率  $\geq 3\%$  (A 级) 或  $\geq 10\%$  (S 级) 的按公式 (6) 计算被校分析仪的谐波电流示值误差  $\gamma_{I_h}$ 。

$$\Delta H_{I_h} = H_{I_{hx}} - H_{I_{hN}} \quad (5)$$

$$\gamma_{I_h} = \frac{H_{I_{hx}} - H_{I_{hN}}}{H_{I_{hN}}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

$\Delta H_{I_h}$  ——被校分析仪第  $h$  次谐波电流含有率的绝对误差, %;

$H_{I_{hx}}$  ——被校分析仪显示的第  $h$  次谐波电流含有率示值, %;

$H_{I_{hN}} = \frac{I_{hN}}{I_N} \times 100\%$  ——标准谐波电流源 (或标准谐波电流测量仪器) 输出 (或显示) 的

第  $h$  次谐波电流含有率标准值, %;

$I_{hN}$ ——标准谐波电流源(或谐波电流源)输出的第  $h$  次谐波电流方均根值(有效值),

A;

$I_N$ ——标准谐波电流源(或谐波电流源)输出的基波电流方均根值(有效值), A;

$\gamma_{I_h}$ ——被校分析仪第  $h$  次谐波电流含有率的相对误差, %。

b) 直接比较法: 采用的主要设备为谐波电压(电流)源及标准谐波电压(电流)测量仪器, 校准示意图如图 7 所示。

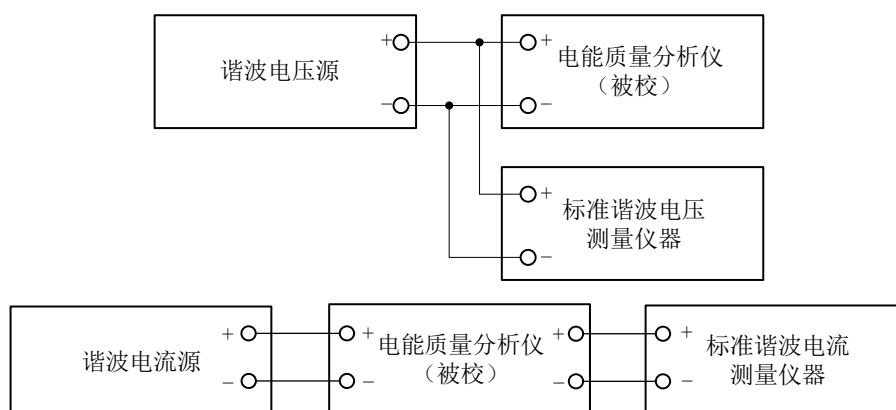


图 7 直接比较法谐波电压、谐波电流校准示意图

根据选定的基波电压值, 选择被校分析仪适当的电压量程, 设置谐波电压源输出基波电压方均根值(有效值)  $U_N$  和表 6 中各谐波次数 ( $h$ ) 的谐波电压方均根值(有效值)  $U_{hN}$ , 读取并记录标准谐波电压测量仪器的谐波电压含有率标准值  $H_{U_{hN}}$  和被校分析仪的谐波电压含有率示值  $H_{U_{hx}}$ 。

谐波电压含有率  $< 1\%$  (A 级) 或  $< 3\%$  (S 级) 的按公式 (3) 计算被校分析仪的谐波电压示值误差  $\Delta H_{U_h}$ , 谐波电压含有率  $\geq 1\%$  (A 级) 或  $\geq 3\%$  (S 级) 的按公式 (4) 计算被校分析仪的谐波电压示值误差  $\gamma_{U_h}$ 。

根据选定的基波电流值, 选择被校分析仪适当的电流量程, 设置谐波电流源输出基波电流方均根值(有效值)  $I_N$  和表 7 中各谐波次数 ( $h$ ) 的谐波电流方均根值(有效值)  $I_{hN}$ , 读取并记录标准谐波电流测量仪器的谐波电流含有率标准值  $H_{I_{hN}}$  和被校分析仪得到谐波电流含有率示值  $H_{I_{hx}}$ 。

谐波电流含有率  $< 3\%$  (A 级) 或  $< 10\%$  (S 级) 的按式 (5) 计算被校分析仪的谐波电流的示值误差  $\Delta H_{I_h}$ , 谐波电流含有率  $\geq 3\%$  (A 级) 或  $\geq 10\%$  (S 级) 的按公式 (6) 计算被校分析仪的谐波电流示值误差  $\gamma_{I_h}$ 。

## 7.2.5 谐波功率

## 7.2.5.1 校准点的选取

a) 优先选择常用的电压、电流值作为单通道被校分析仪的基波电压、基波电流，且基波含有率均为 100%，基波功率因数为 1，基波频率一般情况下选择 50 Hz，特殊用户可根据需要选择其它频率作为基波频率；

b) 谐波电压、谐波电流含有率及谐波次数见表 8（建议采用，但不限于表 8 选取的校准点），且谐波功率因数为 1；

c) 同时注入同频成分的谐波电压和谐波电流；

d) 谐波电压与基波电压同向；

e) 每次注入单一频率的谐波功率；

f) 多通道分析仪每个通道均应校准，校准点选取参考单通道分析仪。

表 8 谐波功率校准点选取表

| 谐波电压含有率 | 谐波电流含有率 | 谐波次数   |
|---------|---------|--------|
| 5%      | 10%     | 5      |
| 10%     | 40%     | 2、5、13 |
| 15%     | 40%     | 3、5    |

## 7.2.5.2 校准方法

a) 标准源法：采用的主要设备为标准谐波功率源，校准示意图如图 8 所示。

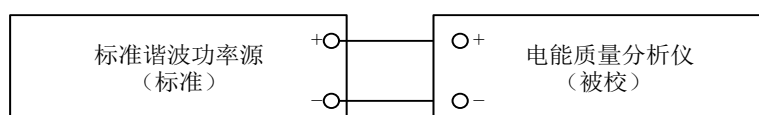


图8 标准源法谐波功率校准示意图

根据选定的基波功率值，选择被校分析仪适当的电压量程和电流量程，设置标准谐波功率源输出表 8 中各谐波次数（ $h$ ）的谐波功率标准值  $P_{hN}$ ，读取并记录被校分析仪的谐波功率示值  $P_{hx}$ ，按公式（7）计算被校分析仪的谐波功率示值误差  $\Delta P_h$ 。

$$\Delta P_h = P_{hx} - P_{hN} \quad (7)$$

式中：

$\Delta P_h$ ——被校分析仪第  $h$  次谐波功率的绝对误差，W；

$P_{hx}$ ——被校分析仪显示的第  $h$  次谐波功率示值，W；

$P_{hN} = U_{hN} I_{hN} \cos \varphi_{hN}$  ——标准谐波功率源（或宽频标准功率表）输出（或显示）的第  $h$  次谐波功率标准值，W；

$U_{hN}$  ——标准谐波功率源（或宽频标准功率表）输出（或显示）的第  $h$  次谐波电压方均根值（有效值），V；

$I_{hN}$  ——标准谐波功率源（或宽频标准功率表）输出（或显示）的第  $h$  次谐波电流方均根值（有效值），A；

$\cos \varphi_{hN}$  ——标准谐波功率源（或宽频标准功率表）输出（或显示）的第  $h$  次谐波功率因数，无量纲；

$\varphi_{hN}$  ——标准谐波功率源（或宽频标准功率表）输出（或显示）的第  $h$  次谐波电压和谐波电流之间的相位差，度（°）。

b) 直接比较法：采用的主要设备为谐波功率源及宽频标准功率表，校准示意图如图 9 所示。

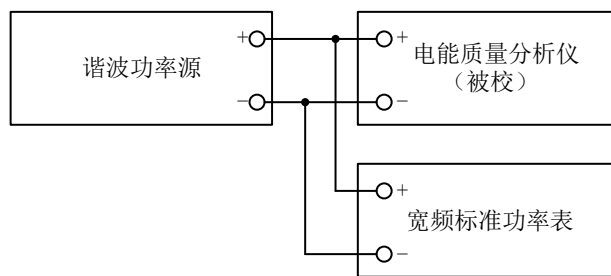


图9 直接比较法谐波功率校准示意图

根据选定的基波功率值，选择被校分析仪适当的电压量程和电流量程，设置谐波功率源输出表 8 中各谐波次数（ $h$ ）的谐波功率，读取并记录宽频标准功率表的谐波功率标准值  $P_{hN}$  和被校分析仪的谐波功率示值  $P_{hx}$ ，按公式（7）计算被校分析仪的谐波功率示值误差  $\Delta P_h$ 。

## 7.2.6 三相电压不平衡度

### 7.2.6.1 校准点的选取

三相电压不平衡度的校准应在额定电压（未注明额定电压的按送校单位给定的电压值）下进行，校准点的选取见表 9（建议采用，但不限于表 9 选取的校准点）。

表9 三相电压不平衡度校准点选取表

| 三相电压不平衡度 | 校准点   |
|----------|-------|
| 电压       | 2%，4% |

## 7.2.6.2 校准方法

a) 标准源法：采用的主要设备为三相标准电压源，校准示意图如图 10 所示。

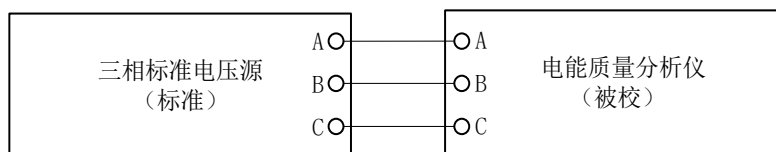


图10 标准源法三相电压不平衡度校准示意图

根据电压校准点设置三相标准电压源输出三相电压及相位标准值，读取并记录三相标准电压源的三相电压不平衡度标准值  $\varepsilon_{U_N}$  和被校分析仪的三相电压不平衡度示值  $\varepsilon_{U_x}$ ，按公式 (8) 计算被校分析仪的三相电压不平衡度示值误差  $\Delta\varepsilon_U$ 。

$$\Delta\varepsilon_U = \varepsilon_{U_x} - \varepsilon_{U_N} \quad (8)$$

式中：

$\Delta\varepsilon_U$  —— 三相电压不平衡度的绝对误差，%；

$\varepsilon_{U_x}$  —— 被校分析仪显示的三相电压不平衡度示值，%；

$\varepsilon_{U_N}$  —— 三相标准电压源（或标准三相电压不平衡度测量仪器）输出（或显示）的三相电压不平衡度标准值，%。

b) 直接比较法：采用的主要设备为三相电压源及标准三相电压不平衡度测量仪器，校准示意图如图 11 所示。

设置三相电压源的三相电压及相位输出至校准点，读取并记录标准三相电压不平衡度测量仪器的三相电压不平衡度标准值  $\varepsilon_{U_N}$  和被校分析仪的三相电压不平衡度示值  $\varepsilon_{U_x}$ ，按公式 (8) 计算被校分析仪的三相电压不平衡度示值误差  $\Delta\varepsilon_U$ 。

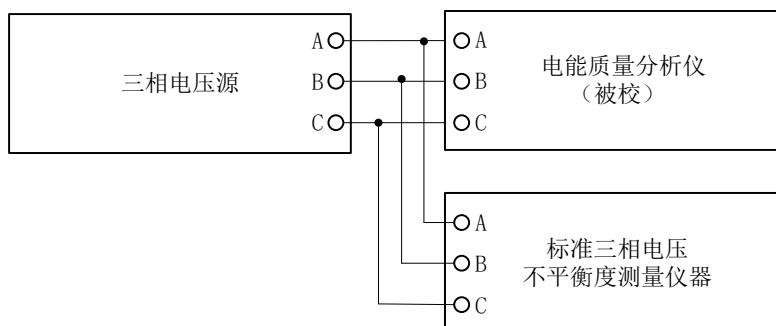


图11 直接比较法三相电压不平衡度校准示意图

c) 负序分析法：采用的主要设备为三相标准电压源及标准三相电压比较仪，校准示意图如图 12 所示。

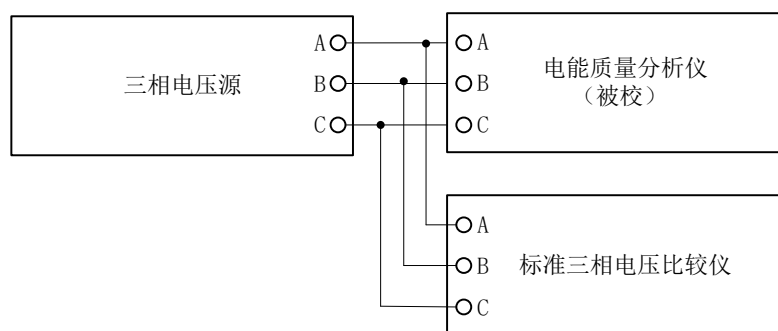


图12 负序分析法三相电压不平衡度校准示意图

根据电压校准点选择标准三相电压比较仪和被校分析仪适当的电压量程，设置三相电压源的三相电压及相位输出至校准点，读取并记录标准三相电压比较仪的 A、B、C 相电压值  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  和 A、B、C 相电压的相位  $\Phi_{U_a}$ 、 $\Phi_{U_b}$ 、 $\Phi_{U_c}$  以及被校分析仪的三相电压不平衡度示值  $\varepsilon_{U_x}$ ，按公式 (9) 计算三相电压不平衡度标准值  $\varepsilon_{U_N}$ ，按公式 (8) 计算三相电压不平衡度示值误差  $\Delta\varepsilon_U$ 。

$$\varepsilon_{U_N} = \frac{U_2}{U_1} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

$$U_1 = \frac{1}{3} \sqrt{U_a^2 + U_b^2 + U_c^2 - 2U_a U_b \sin(\Phi_{U_b} - \Phi_{U_a} + 30^\circ) + 2U_a U_c \sin(\Phi_{U_c} - \Phi_{U_a} - 30^\circ) - 2U_b U_c \sin(\Phi_{U_c} - \Phi_{U_b} + 30^\circ)}$$

——三相电压的正序分量，V；

$$U_2 = \frac{1}{3} \sqrt{U_a^2 + U_b^2 + U_c^2 + 2U_a U_b \sin(\Phi_{U_b} - \Phi_{U_a} - 30^\circ) - 2U_a U_c \sin(\Phi_{U_c} - \Phi_{U_a} + 30^\circ) + 2U_b U_c \sin(\Phi_{U_c} - \Phi_{U_b} - 30^\circ)}$$

——三相电压的负序分量，V；

$U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  ——标准三相电压比较仪显示的 A、B、C 相电压值，V；

$\Phi_{U_a}$ 、 $\Phi_{U_b}$ 、 $\Phi_{U_c}$  ——标准三相电压比较仪显示的 A、B、C 相电压的相位，度 (°)。

## 7.2.7 闪变值

### 7.2.7.1 校准点的选取

- a) 校准闪变值的电压选取 230 V (50 Hz)，也可按送校单位的要求选取其他电压值；
- b) 校准闪变值采用方波调制；
- c) 短时间闪变值为 1 时，电压变动频率、变动频度及变动量按表 10 设置；
- d) 短时间闪变值为 3 时，电压变动频率选取 0.058333 Hz 和 0.916 Hz，变动频度按表 10 对应数据设置，变动量为表 10 中对应数据的 3 倍；
- e) 长时间闪变值为 1 时，电压变动频率选取 0.916 Hz，变动频度及变动量按表 10 中

对应数据设置：

f) 多通道分析仪每个通道均应校准，校准点选取参考单通道被校分析仪。

表10 方波电压变动设置

| 变动频率 (Hz) | 变动频度(次/分钟) | 变动量 (%) |
|-----------|------------|---------|
| 0.008333  | 1          | 2.724   |
| 0.016667  | 2          | 2.210   |
| 0.058333  | 7          | 1.459   |
| 0.325     | 39         | 0.906   |
| 0.916     | 110        | 0.725   |
| 13.5      | 1620       | 0.402   |

### 7.2.7.2 校准方法

标准源法：采用的主要设备为闪变测量标准装置，校准示意图如图 13 所示。

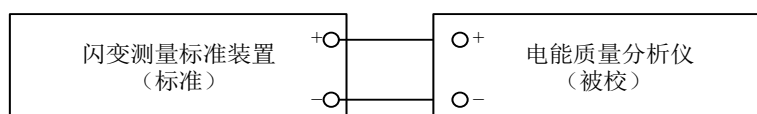


图13 标准源法闪变值校准示意图

根据选定的电压值设置闪变测量标准装置输出表 10 中各方波电压变动频度和变动量下的波动电压，读取并记录闪变测量标准装置的短时间闪变标准值  $P_{stN}$  和长时间闪变标准值  $P_{ltN}$ ，10 分钟后读取并记录被校分析仪的短时间闪变示值  $P_{stx}$ ，按公式 (10) 计算被校分析仪的短时间闪变示值误差  $\gamma_s$ ，2 小时后读取并记录被校分析仪的长时间闪变示值  $P_{ltx}$ ，按公式 (11) 计算被校分析仪的长时间闪变示值误差  $\gamma_l$ 。

$$\gamma_s = \frac{P_{stx} - P_{stN}}{P_{stN}} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

$\gamma_s$ ——被校分析仪短时间闪变示值相对误差，%；

$P_{stx}$ ——被校分析仪输出的短时间闪变示值，无量纲；

$P_{stN}$ ——闪变测量标准装置输出的短时间闪变标准值，无量纲。

$$\gamma_1 = \frac{P_{\text{Itx}} - P_{\text{ItN}}}{P_{\text{ItN}}} \times 100\% \quad (11)$$

式中:

$\gamma_1$ ——被校分析仪长时间闪变示值相对误差, %;

$P_{\text{Itx}}$ ——被校分析仪输出的长时间闪变示值, 无量纲;

$P_{\text{ItN}}$ ——闪变测量标准装置(或标准闪变仪)输出的长时间闪变标准值, 无量纲。

## 8 校准结果表达

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或应用有关时, 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, 校准证书内页格式见附录 C。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 电能质量分析仪谐波电压测量结果不确定度评定示例

## A.1 概述

A.1.1 测量依据：JJF (吉) 148—2025 电能质量分析仪校准规范。

A.1.2 环境条件：环境温度 20.0℃，相对湿度：50%。

A.1.3 被测对象：电能质量分析仪。

A.1.4 测量方法：采用标准源法，根据选定的基波电压值，选择被校分析仪适当的电压量程，设置标准谐波电压源输出基波电压标准值和各谐波次数 ( $h$ ) 的谐波电压标准值，读取并记录标准谐波电压源的谐波电压含有率标准值  $H_{U_{hN}}$  和被校分析仪的谐波电压含有率示值  $H_{U_{hx}}$ 。

## A.2 测量模型

被校分析仪的谐波电压示值误差  $\Delta H_{U_h}$  的测量模型见公式 (A.1)。

$$\Delta H_{U_h} = H_{U_{hx}} - H_{U_{hN}} = H_{U_{hx}} - \frac{U_{hN}}{U_N} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta H_{U_h}$  ——被校分析仪第  $h$  次谐波电压含有率的绝对误差，%；

$H_{U_{hx}}$  ——被校分析仪显示的第  $h$  次谐波电压含有率示值，%；

$H_{U_{hN}} = \frac{U_{hs}}{U_N} \times 100\%$  ——标准谐波电压源输出的第  $h$  次谐波电压含有率标准值，%；

$U_{hN}$  ——标准谐波电压源输出的第  $h$  次谐波电压方均根值（有效值），V；

$U_N$  ——标准谐波电压源输出的基波电压方均根值（有效值），V。

## A.3 输入量标准不确定度的评定

## A.3.1 不确定度来源

在实际校准过程中，将环境条件设置在规定的范围内，此时由外界的温度、湿度、大气压力以及导线的热电势等因素产生的测量不确定度分量远远小于以下分析的标准不确定度分量，故均予忽略。因此，以基波电压为 220 V (50 Hz)、谐波含有率为 8% 的校准点为例，对被校分析仪的单通道进行测量不确定度分析。根据测量模型 (A.1) 可知，谐波电压示值误差  $\Delta H_{U_h}$  的测量不确定度由被校分析仪和标准谐波电压源两部分组成。

A.3.2 被校分析仪引入的标准不确定度分量  $u_x$

A.3.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_{x1}$ 

在符合规定的测量条件下，重复测量 10 次，得到的测量结果见表 A.1，采用标准不确定度的 A 类评定方法进行评定。

表 A.1 被校分析仪谐波电压含有率测量结果

| 测量次数 ( $i$ ) | 谐波电压含有率<br>$H_{U_{hxi}}$ (%) | 测量次数 ( $i$ ) | 谐波电压含有率<br>$H_{U_{hxi}}$ (%) |
|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|
| 1            | 8.0                          | 6            | 8.1                          |
| 2            | 8.0                          | 7            | 8.0                          |
| 3            | 7.9                          | 8            | 8.1                          |
| 4            | 7.9                          | 9            | 8.0                          |
| 5            | 7.9                          | 10           | 8.1                          |

测量结果的平均值： $\overline{H_{U_{hx}}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_{U_{hxi}} = 8.0\%$ ，在实际工作中取单次测量结果作为最终结果，按公式 (A.2) 计算测量重复性引入的不确定度分量  $u_{x1}$ 。

$$u_{x1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{U_{hxi}} - \overline{H_{U_{hx}}})^2}{n-1}} = 0.082\% \quad (\text{A.2})$$

A.3.2.2 分辨力引入的标准不确定度分量  $u_{x2}$ 

被校分析仪属于数字式显示装置，在谐波电压含有率为 8% 时的分辨力为 0.1%，且属于均匀分布(包含因子  $k = \sqrt{3}$ )，采用标准不确定度的 B 类评定方法进行评定，按公式(A.3) 计算  $u_{x2}$ 。

$$u_{x2} = \frac{0.1\%}{2\sqrt{3}} = 0.029\% \quad (\text{A.3})$$

由于测量重复性引入的标准不确定度分量中包含分辨力对其的影响，为了避免重复计算，取  $u_{x1}$  和  $u_{x2}$  两者中的较大值作为  $u_x$ ，即  $u_x = 0.082\%$ 。

A.3.3 标准谐波电压源引入的标准不确定度分量  $u_s$ A.3.3.1 基波电压引入的标准不确定度分量  $u_{s1}$ 

标准谐波电压源输出 220 V (50 Hz) 的基波电压时，通过查阅说明书得知，基波电压值

的扩展不确定度为  $U_{s1} = (44 \times 10^{-6} \times 220 \text{ V} + 0 \text{ mV}) = 9.68 \text{ mV}$  ( $k=2$ ), 采用标准不确定度的 B 类评定方法进行评定, 按公式 (A.4) 计算  $u_{s1}$ 。

$$u_{s1} = \frac{9.68 \text{ mV}}{2} = 4.84 \text{ mV} \quad (\text{A.4})$$

#### A.3.3.2 谐波电压引入的标准不确定度分量 $u_{s2}$

标准谐波电压源输出 220 V (50 Hz) 的基波电压和 17.6 V (250 Hz) 的第 5 次谐波电压, 此时谐波电压含有率为 8%。通过查阅说明书得知, 谐波电压值的扩展不确定度为  $U_{s2} = (60 \times 10^{-6} \times 17.6 \text{ V} + 12 \text{ mV}) = 13.056 \text{ mV}$  ( $k=2$ ), 采用标准不确定度的 B 类评定方法进行评定, 按公式 (A.5) 计算  $u_{s2}$ 。

$$u_{s2} = \frac{13.056 \text{ mV}}{2} = 6.53 \text{ mV} \quad (\text{A.5})$$

### A.4 合成标准不确定度

#### A.4.1 标准不确定度分量 $u_i$

各项标准不确定度分量汇总见表 A.2。

表 A.2 各项标准不确定度分量汇总

| $u_i$    | 不确定度来源  | 标准不确定度  | 灵敏系数 $c_i$              |
|----------|---------|---------|-------------------------|
| $u_x$    | 测量重复性   | 0.082%  | 1                       |
| $u_{s1}$ | 标准源基波电压 | 4.84 mV | $-\frac{U_{hs}}{U_N^2}$ |
| $u_{s2}$ | 标准源谐波电压 | 6.53 mV | $-\frac{1}{U_N}$        |

#### A.4.2 合成标准不确定度 $u_c$

表 A.2 中各项标准不确定度分量彼此之间相互独立, 且互不相关, 因此相关系数均为 0, 按公式 (A.6) 计算合成标准不确定度  $u_c$ 。

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_x^2 + c_2^2 u_{s1}^2 + c_3^2 u_{s2}^2} = 0.082\% \quad (\text{A.6})$$

### A.5 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则扩展不确定度:  $U = k \times u_c = 2 \times 0.082\% = 0.2\%$ 。

## 附录 B

## 校准原始记录格式

第 页 共 页

|                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 委托单位:               | 校准证书编号:            |
| 委托单位地址:             | 校准依据:              |
| 仪器名称:               | 规格型号:              |
| 出厂编号:               | 制造单位:              |
| 仪器状况:               | 校准地点:              |
| 环境温度:            °C | 相对湿度:            % |

校准用主要计量标准器具:

| 名 称 | 规格型号 | 测量范围 | 不确定度或准确度等级<br>或最大允许误差 | 出厂编号 | 证书编号 | 有效期 |
|-----|------|------|-----------------------|------|------|-----|
|     |      |      |                       |      |      |     |
|     |      |      |                       |      |      |     |
|     |      |      |                       |      |      |     |

1 外观及工作正常性检查: \_\_\_\_\_

2 基波电压、基波电流: (基波频率\_\_\_\_\_)

| 基波电压 |     |      | 基波电流 |     |      |
|------|-----|------|------|-----|------|
| 标准值  | 显示值 | 不确定度 | 标准值  | 显示值 | 不确定度 |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |

3 基波频率: (基波电压\_\_\_\_\_)

| 标准值 | 显示值 | 不确定度 |
|-----|-----|------|
|     |     |      |
|     |     |      |
|     |     |      |
|     |     |      |

第 页 共 页



## 6 三相电压不平衡度: (基波频率\_\_\_\_\_)

| A 相 |    | B 相 |    | C 相 |    | 不平衡度 (%) |     |      |
|-----|----|-----|----|-----|----|----------|-----|------|
| 电压值 | 相位 | 电压值 | 相位 | 电压值 | 相位 | 标准值      | 显示值 | 不确定度 |
|     |    |     |    |     |    |          |     |      |
|     |    |     |    |     |    |          |     |      |

第 页 共 页

## 7 闪变值:

| 短时间闪变值为 1 |              |           |     |      |
|-----------|--------------|-----------|-----|------|
| 变动频率 (Hz) | 变动频度 (次/min) | 电压波动量 (%) | 显示值 | 不确定度 |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
| 短时间闪变值为 3 |              |           |     |      |
| 变动频率 (Hz) | 变动频度 (次/min) | 电压波动量 (%) | 显示值 | 不确定度 |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
| 长时间闪变值为 1 |              |           |     |      |
| 变动频率 (Hz) | 变动频度 (次/min) | 电压波动量 (%) | 显示值 | 不确定度 |
|           |              |           |     |      |

校准员:

核验员:

日期: 年 月 日

## 附录 C

## 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXXX—XXXX

| 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 它            |      |                        |
| 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/<br>准确度等级 | 证书编号 | 证书有效期至<br>(YYYY-MM-DD) |
|                    |      |                |      |                        |

第 X 页 共 X 页

证书编号 XXXXXX-XXXX

## 校准结果

1 外观及工作正常性检查: \_\_\_\_\_

2 基波电压、基波电流: (基波频率\_\_\_\_\_)

| 基波电压 |     |      | 基波电流 |     |      |
|------|-----|------|------|-----|------|
| 标准值  | 显示值 | 不确定度 | 标准值  | 显示值 | 不确定度 |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |
|      |     |      |      |     |      |

3 基波频率: (基波电压\_\_\_\_\_)

| 标准值 | 显示值 | 不确定度 |
|-----|-----|------|
|     |     |      |
|     |     |      |
|     |     |      |
|     |     |      |
|     |     |      |

4 谐波功率 (基波电压\_\_\_\_\_, 基波电流\_\_\_\_\_, 基波频率\_\_\_\_\_, 基波功率因数为 1、谐波功率因数为 1):

| 谐波电压含有率 (%) | 谐波电流含有率 (%) | 谐波次数 | 谐波功率 |     | 不确定度 |
|-------------|-------------|------|------|-----|------|
|             |             |      | 标准值  | 显示值 |      |
|             |             |      |      |     |      |
|             |             |      |      |     |      |
|             |             |      |      |     |      |
|             |             |      |      |     |      |
|             |             |      |      |     |      |
|             |             |      |      |     |      |



证书编号 XXXXXX-XXXX

## 校准结果

## 6 三相电压不平衡度：(基波频率\_\_\_\_\_)

| A 相 |    | B 相 |    | C 相 |    | 不平衡度 (%) |     |      |
|-----|----|-----|----|-----|----|----------|-----|------|
| 电压值 | 相位 | 电压值 | 相位 | 电压值 | 相位 | 标准值      | 显示值 | 不确定度 |
|     |    |     |    |     |    |          |     |      |
|     |    |     |    |     |    |          |     |      |

## 7 闪变值：

短时间闪变值为 1

| 变动频率 (Hz) | 变动频度 (次/min) | 电压波动量 (%) | 显示值 | 不确定度 |
|-----------|--------------|-----------|-----|------|
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |

短时间闪变值为 3

| 变动频率 (Hz) | 变动频度 (次/min) | 电压波动量 (%) | 显示值 | 不确定度 |
|-----------|--------------|-----------|-----|------|
|           |              |           |     |      |
|           |              |           |     |      |

长时间闪变值为 1

| 变动频率 (Hz) | 变动频度 (次/min) | 电压波动量 (%) | 显示值 | 不确定度 |
|-----------|--------------|-----------|-----|------|
|           |              |           |     |      |

以下空白

说明：

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。

声明：

- 1、仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
- 2、本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

吉林省地方计量技术规范

电能质量分析仪校准规范

JJF(吉)148—2025

吉林省市场监督管理厅发布

\*

版权所有 不得翻印

297 mm×210 mm A4 纸

2025年11月第1版 2025年11月第1次印刷