



# 江苏省地方计量技术规范

JJF（苏）XX—20XX

## 交流变频电源校准规范

Calibration Specification for AC Variable-Frequency Power Supply

（报批稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局 发布

# 交流变频电源校准规范

Calibration Specification for  
AC Variable-Frequency Power Supply

JJF(苏)xxx — 20xx

本规范经江苏省市场监督管理局于 20XX 年 XX 月 XX 日批准，并自 20XX 年 XX 月 XX 日起施行。

归口单位：江苏省电磁专业计量技术委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

无锡市检验检测认证研究院

南京市计量监督检测院

参加起草单位：国网江苏电力有限公司淮安供电分公司

本规范委托江苏省电磁专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张露妍(江苏省计量科学研究院)

王冠钧(无锡市检验检测认证研究院)

张 健(南京市计量监督检测院)

本规范参与起草人：

刘开旻(无锡市检验检测认证研究院)

吉 翔(江苏省计量科学研究院)

汤 政(南京市计量监督检测院)

卢 旻(国网江苏电力有限公司淮安供电分公司)

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 交流电压 ..... 1

4.2 频率 ..... 1

4.3 交流电流 ..... 1

4.4 负载调整率 ..... 2

4.5 失真度 ..... 2

4.6 三相不平衡度 ..... 2

4.7 短期稳定度 ..... 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 ..... 3

6.1 外观及工作正常性检查 ..... 3

6.2 交流电压示值误差的校准 ..... 3

6.3 频率示值误差的校准 ..... 5

6.4 交流电流示值误差的校准 ..... 5

6.5 负载调整率的校准 ..... 6

6.6 失真度的校准 ..... 7

6.7 三相不平衡度的校准 ..... 8

6.8 输出短期稳定度 ..... 9

7 校准结果表达 ..... 9

8 复校时间间隔 ..... 10

附录 A 交流变频电源测量不确定度评定示例 ..... 11

附录 B 校准原始记录格式 ..... 16

附录 C 校准证书内页格式 ..... 19

# 引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写，相关术语及测量不确定度评定遵循 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》两个文件。

本规范为首次发布。

# 交流变频电源校准规范

## 1 范围

本规范适用于新制造、使用中和修理后的各类型单、三相交流变频电源的校准。

本规范中交流电压范围为 0.1V~500 V，交流电流范围为 1A~400 A，频率范围为 30 Hz~10kHz。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 410-1994 《精密交流电压校准源》

JJF 1638-2017 《多功能标准源校准规范》

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

交流变频电源是指由市电输入，通过滤波、整流、功率变换单元、稳压单元等变换，输出频率可调的正弦电动势电压的电源供应器。

交流变频电源作为一种辅助用电设备，主要为被测设备提供稳定的正弦交流电压，在工业制造、航空航天电器以及各标准实验室供电等区域的使用非常广泛。

## 4 计量特性

### 4.1 交流电压

范围：0.1V~500V

最大允许误差：±0.5%；

### 4.2 频率

范围：30Hz~1kHz

最大允许误差：±0.1%；

### 4.3 交流电流

范围（单相）：1A~420A

最大允许误差：±5%；

4.4 负载调整率： $\leq 0.2\%$ ；

4.5 失真度： $< 3\%$ ；

4.6 三相不平衡度：电压相位差： $120^\circ \pm 2^\circ$ ；电压不平衡度： $\leq 2\%$ ；

4.7 短期稳定度： $\leq 0.1\%$ 。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

湿度： $\leq 75\%RH$ 。

供电电源：交流电压： $(220 \pm 11)\text{V}$ ，频率： $(50 \pm 1)\text{Hz}$ 。

周围环境无影响仪器正常工作的机械振动和电磁场干扰。

### 5.2 测量标准及其他设备

#### 5.2.1 单、三相功率分析仪

交流电压测量范围： $(0.1 \sim 500)\text{V}$  ( $20\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ )，最大允许误差： $\pm 0.1\%$

交流电流测量范围： $(1 \sim 500)\text{A}$  ( $20\text{Hz} \sim 5\text{kHz}$ )，最大允许误差： $\pm 0.2\%$

失真测量范围： $0.01\% \sim 10\%$  ( $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ )，最大允许误差： $\pm 1\%$

#### 5.2.2 数字多用表

交流电压测量范围： $(0.1 \sim 500)\text{V}$  ( $20\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ )，最大允许误差： $\pm 0.1\%$

频率测量范围： $20\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ ，最大允许误差： $\pm 0.02\%$

#### 5.2.3 失真度测量仪

失真测量范围： $0.01\% \sim 10\%$  ( $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ )，最大允许误差： $\pm 1\%$

#### 5.2.4 交流电子负载

负载电流： $(1 \sim 500)\text{A}$ ，电压： $(0.1 \sim 600)\text{V}$ ，最大允许误差： $\pm 0.5\%$

5.2.5 校准装置对应功能的最大允许误差绝对值（或不确定度）应不大于被校交流变频电源相应功能最大允许误差绝对值的1/3，校准装置的稳定度应不大于被校交流变频电源相应功能最大允许误差绝对值的1/5。

5.2.6 校准装置或配套设备应具有良好的屏蔽保护和接地措施，并远离强电场和强磁场。

6 校准项目和校准方法

6.1 外观及工作正常性检查

被校交流变频电源应结构完整，并无影响正常工作的机械损伤，接线柱完整，有明晰的型号、生产厂家、出厂编号，其附件和说明书应齐全。

通电检查时，表头指示正常，电压及频率调节正常。

6.2 交流电压示值误差的校准

6.2.1 数字多用表法

6.2.1.1 设置数字多用表为交流电压测量功能，按图 1 连接仪器，将数字多用表的电压测量端与被校交流变频电源的电压输出端连接。三相交流变频电源连接 A 相输出端及 N 端。

6.2.1.2 调节交流变频电源的输出频率至 50Hz，此时调节输出电压，从最小输出值到最大输出值均匀选取 5~10 个点，读取数字多用表的交流电压测量值，并将结果记录在表格中。

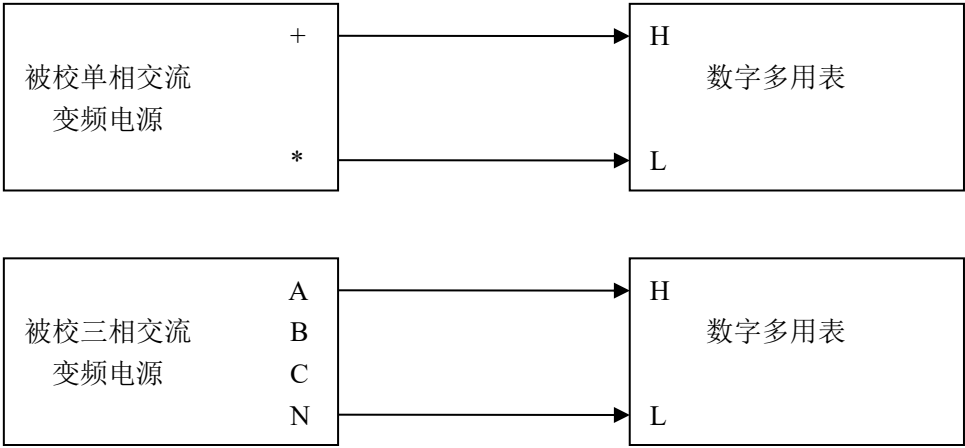


图 1 数字多用表法测量交流电压/频率示值误差

6.2.1.3 调节交流变频电源的输出电压为 220V，并将输出频率调至最大输出频率，读取数字多用表的交流电压测量值，并将结果记录在表格中。

6.2.1.4 调节输出频率至最小输出频率，读取数字多用表的交流电压测量值，并将结果记录在表格中。

6.2.1.5 按公式（1）计算被校交流变频电源的交流电压绝对误差。

$$\Delta = U_x - U_0 \tag{1}$$

式中：



$\Delta$ ——被校交流变频电源的交流电压绝对误差，单位：V；

$U_x$ ——被校交流变频电源的交流电压输出示值，单位：V；

$U_0$ ——数字多用表的交流电压测量值，单位：V。

6.2.1.6 若被校是三相交流变频电源，按图 1 将测试线由 A 相输出端移到 B 相输出端，重复 6.2.1.2~6.2.1.5，测量三相交流变频电源的 B 相输出交流电压并计算示值误差。

6.2.1.7 按图 1 将测试线由 B 相输出端移到 C 相输出端，重复 6.2.1.2 ~6.2.1.5，测量三相交流变频电源的 C 相输出交流电压并计算示值误差。

## 6.2.2 三相功率分析法

6.2.2.1 按图 2 连接测试线路，将被校交流变频电源的输出端与三相功率分析仪的 A 相连接。

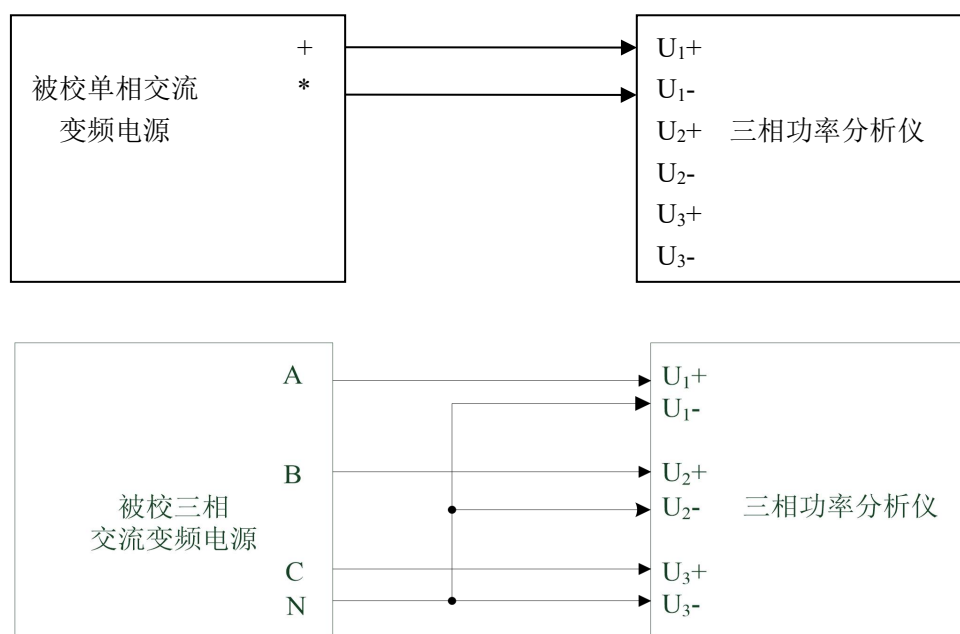


图 2 三相功率分析仪法测量交流电压示值误差

6.2.2.2 调节交流变频电源的输出频率至 50Hz，调节电压输出，从最小输出值到最大输出值均匀选取 5~10 个点，读取三相功率分析仪的交流电压测量值，并将结果记录在表格中。

6.2.2.3 调节交流变频电源的输出电压值为 220V，输出频率为最大输出频率，读取三相功率分析仪的交流电压测量值，并将结果记录在表格中。

6.2.2.4 调节输出频率为最小输出频率，读取三相功率分析仪的交流电压测量值，并将结果记录在表格中。

6.2.2.5 按公式 (1) 计算被校交流变频电源的交流电压绝对误差。

6.2.2.6 若被校交流变频电源是三相交流变频电源,则将三相交流变频电源的输出端分别与三相功率分析仪的电压输入端连接,重复 6.2.2.2~6.2.2.5,测量三相交流变频电源输出的交流电压并计算示值误差。

### 6.3 频率示值误差的校准

6.3.1 按图 1 将被校交流变频电源的输出端与数字多用表的输入端连接,若是三相交流变频电源则连接 A 相输出端和 N 端。将数字多用表调至频率测量功能。

6.3.2 调节输出电压至 220V,调节输出频率,从最小输出频率到最大输出频率均匀选取 5~10 个点,读取数字多用表的测量值并将数据记录在表格中。

6.3.3 按公式 (2) 计算被校交流变频电源的频率示值绝对误差。

$$\Delta = f_x - f_0 \quad (2)$$

式中:

$\Delta$ ——被校交流变频电源的频率示值绝对误差,单位:Hz;

$f_x$ ——被校交流变频电源的频率输出示值,单位:Hz;

$f_0$ ——数字多用表的频率测量值,单位:Hz。

6.3.4 若被校的是三相交流变频电源,按图 1 将测试线由 A 相输出端移到 B 相输出端,重复 6.3.2~6.3.3。

6.3.5 按图 1 将测试线由 B 相输出端移到 C 相输出端,重复 6.3.2~6.3.3。

### 6.4 交流电流示值误差的校准

6.4.1 按图 3 连接仪器,将交流电子负载、三相功率分析仪的电流端和交流变频电源的输出端串联,若是单相交流变频电源则连接三相功率分析仪一相电流端。

6.4.2 打开电源的输出开关,调节交流输出电压到最小。

6.4.3 调节电源的输出电压或交流电子负载,使输出电流从最小到最大改变,均匀选取 3~5 个点,读取交流变频电源的交流电流输出示值和三相功率分析仪的交流电流测量值,并将数据记录在表格中。

6.4.4 按公式 (3) 计算被校交流变频电源的交流电流示值绝对误差。

$$\Delta = I_x - I_0 \quad (3)$$

式中:

$\Delta$ ——被校交流变频电源的交流电流绝对误差,单位:A;

$I_x$ ——被校交流变频电源的交流电流输出示值,单位:A;

$I_0$ ——三相功率分析仪的交流电流测量值,单位:A。

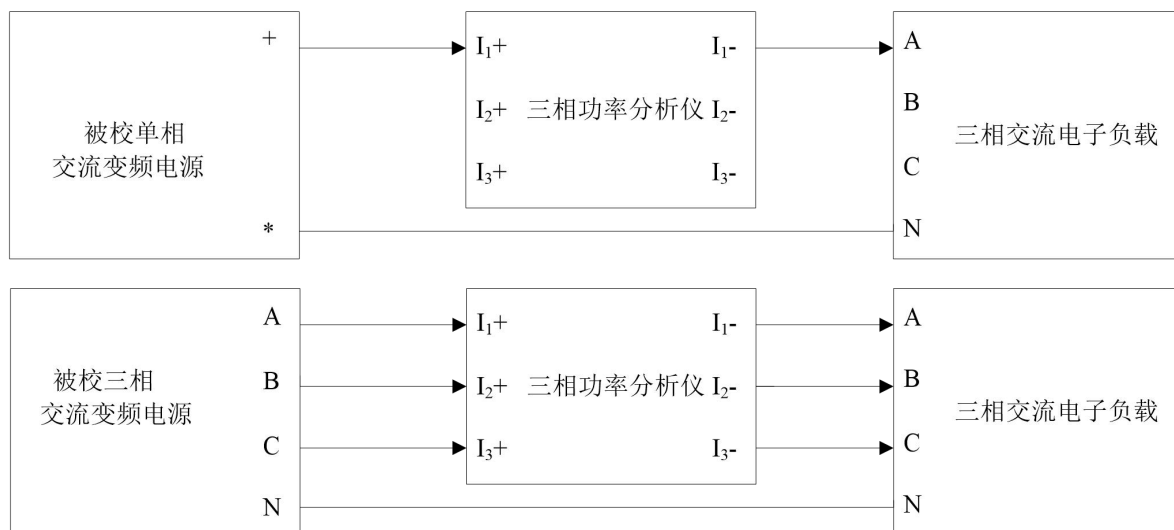


图3 交流电流示值误差测量连接图

## 6.5 负载调整率的校准

6.5.1 按图4连接仪器。将交流电子负载连接到交流变频电源的输出端，三相功率分析仪的电流端与交流变频电源的输出端串联，电压端与交流变频电源的输出端并联。若是单相交流变频电源则连接三相功率分析仪的一相。

6.5.2 调节交流电子负载至最大电阻值，打开交流变频电源的输出开关，调节输出电压为220V。

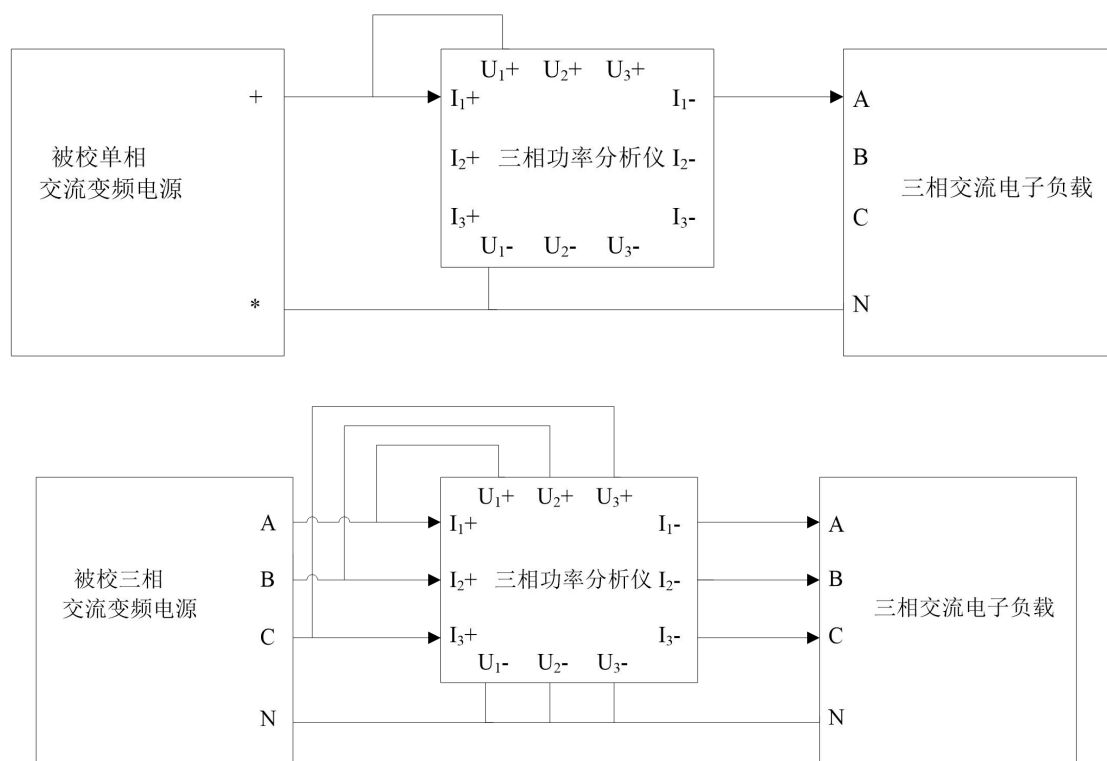


图4 负载调整率校准接线图

6.5.3 调节交流电子负载, 使三相功率分析仪功率测量值为三相交流变频电源最大输出功率的 90%, 分别读取功率分析仪的交流电压测量值  $U_{Ax}$ 、 $U_{Bx}$ 、 $U_{Cx}$ , 并记录在表格中。

6.5.4 断开交流电子负载, 使输出电流为零, 分别读取功率分析仪的交流电压测量值  $U_{A0}$ 、 $U_{B0}$ 、 $U_{C0}$ , 并记录在表格中。

6.5.5 按公式 (4) 计算各相负载调整率。

$$v = \frac{U_{nx} - U_{n0}}{U_{n0}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

$v$ ——三相交流变频电源中第  $n$  相负载调整率;

$U_{nx}$ ——三相交流变频电源中第  $n$  相加载时的输出电压值, 单位: V;

$U_{n0}$ ——三相交流变频电源中第  $n$  相空载时的输出电压值, 单位: V。

## 6.6 失真度的校准

### 6.6.1 三相功率分析仪法

6.6.1.1 按图 4 连接仪器。将交流电子负载连接到交流变频电源的输出端, 三相功率分析仪的电流端与交流变频电源的输出端串联, 电压端与交流变频电源的输出端并联。若是单相交流变频电源则连接三相功率分析仪的一相。

6.6.1.2 打开被校交流变频电源输出开关, 调节其输出电压为 220V。

6.6.1.3 调节交流电子负载, 使三相功率分析仪功率测量值为被校交流变频电源最大输出功率的 90%。分别读取三相功率分析仪的三相电压失真度测量值, 将数据记录在表格中。

6.6.1.4 断开电流测量电路, 使输出电流为零, 分别读取三相功率分析仪的三相电压失真度测量值, 将数据记入表格中。

### 6.6.2 失真度测量仪法

6.6.2.1 将失真度测量仪与被校交流变频电源的 A 相和 N 相连接, 重复 6.6.1.2~6.6.1.4。

6.6.2.2 将失真度测量仪与被校交流变频电源的 B 相和 N 相连接, 重复 6.6.1.2~6.6.1.4。

6.6.2.3 将失真度测量仪与被校交流变频电源的 C 相和 N 相连接, 重复 6.6.1.2~6.6.1.4。

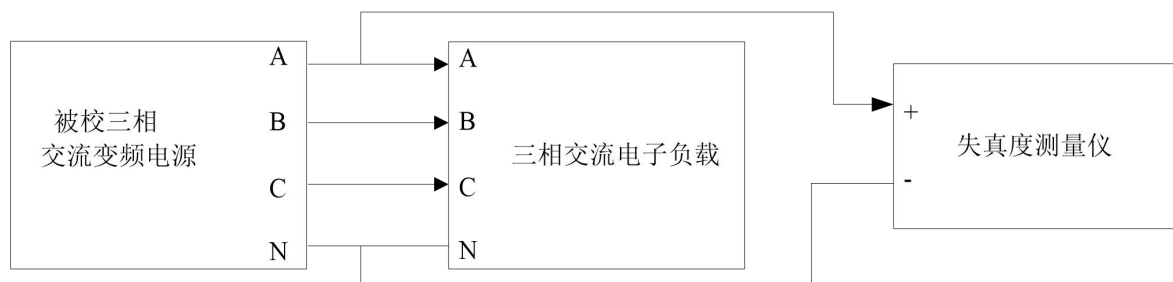


图5 失真度校准接线图

## 6.7 三相不平衡度的校准

### 6.7.1 电压相位差

6.7.1.1 按图 4 连接仪器，打开被校交流变频电源输出开关，并调节输出电压到额定值。

6.7.1.2 平衡负载时，调节交流电子负载，使三相功率分析仪的三相交流电流测量值相等，大小为三相输出电流额定值的 90%，读取三相功率分析仪的相位测量值，将数据记入表格中。

6.7.1.3 1/3 不平衡负载时，调节交流电子负载，使三相功率分析仪的交流电流测量值满足：其中两相交流电流测量值相等且为被校交流变频电源额定电流值的 80%，另一相电流为被校交流变频电源额定电流的 92%。读取三相功率分析仪的相位测量值，将数据记入表格中。

6.7.1.4 完全不平衡负载时，断开任意一路电流，使其中一相交流电流为零，调节另外两相交流电子负载，使交流电流测量值分别为被校交流变频电源电流额定值的 0%，45%，90%，读取三相功率分析仪的相位测量值，将数据记入表格中。

6.7.1.5 空载时，将负载全部断开，使电源处于空载状态，即交流电流测量值均为零，读取三相功率分析仪的相位测量值，将数据记入表格中。

### 6.7.2 电压不平衡度

6.7.2.1 按图 4 将交流电子负载，三相功率分析仪接入被校交流变频电源的输出端。打开交流变频电源输出开关，并调节输出电压到额定值。

6.7.2.2 平衡负载时，调节交流电子负载，使交流电流测量值相等，大小为三相输出电流额定值的 90%，读取三相功率分析仪的  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  的交流电压测量值，将数据记入表格中。

6.7.2.3 1/3 不平衡时，调节交流电子负载，使交流电流测量值的读数满足：其中两相电流相等且为交流变频电源额定电流值的 80%，另一相电流为电源额定电流值的 92%。读取三相功率分析仪的  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  的交流电压测量值，将数据记入表格中。

6.7.2.4 完全不平衡负载时，断开其中一路电流测量电路，即一相交流电流为零，调节另外两相交流电子负载，使交流电流测量值分别为被校交流变频电源电流额定值的 0%，45%，90%，读取三相功率分析仪的  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  的交流电压测量值，将数据记入表格中。

6.7.2.5 空载时，将三相负载全部断开，使被校交流变频电源处于空载状态，即三相交流电流为零，读取三相功率分析仪的  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  的交流电压测量值，将数据记入表格中。

6.7.2.6 不同负载条件下的电压不平衡度，按公式 (5) 计算。

$$\delta = \frac{\max\{U_a, U_b, U_c\} - \min\{U_a, U_b, U_c\}}{\frac{1}{3}(U_a + U_b + U_c)} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$\delta$ ——被校交流变频电源电压的不平衡度；

$U_a$ ——被校交流变频电源 A 相的交流电压测量有效值，单位：V；

$U_b$ ——被校交流变频电源 B 相的交流电压测量有效值，单位：V；

$U_c$ ——被校交流变频电源 C 相的交流电压测量有效值，单位：V。

## 6.8 输出短期稳定度

6.8.1 按图 4 将被校交流变频电源与交流电子负载、数字多用表或三相功率分析仪连接，设置和调节被校交流变频电源和交流电子负载，使被校交流变频电源工作在额定功率状态。数字多用表或三相功率分析仪设为交流电压测量功能，保持周围环境条件不变，在 5min 内连续观测，记录电压最大值和最小值，按公式 (6) 计算：

$$s = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

$s$ ——5min 内的稳定度；

$U$ ——被校交流变频电源的输出值，单位：V；

$U_{\max}$ ——被校点在 5min 内的实测最大值，单位：V；

$U_{\min}$ ——被校点在 5min 内的实测最小值，单位：V。

## 7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反应，校准证书应至少包含以下信息：

- a) 标题：“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。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔是由仪器的使用情况、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。

建议复校时间间隔为 1 年。

## 附录 A 交流变频电源测量不确定度评定示例

### A.1 交流电压示值误差测量结果的不确定度评定示例

A.1.1 测量方法：采用数字多用表法，设置交流变频电源输出 220V/50Hz 的电压，用数字多用表测量该电压，并记录数字多用表示值。

#### A.1.2 测量模型

$$\Delta = U_x - U_0$$

式中：

$\Delta$ ——被校交流变频电源的交流电压绝对误差；

$U_x$ ——电源的交流电压输出示值；

$U_0$ ——数字多用表的交流电压测量值。

#### A.1.3 标准不确定度评定

##### A.1.3.1 数字多用表读数不准引入的不确定度分量 $u_1$

查阅数字多用表的技术指标，在 220V/50Hz 测量点的最大允许误差为：0.06%×220+0.03%×750=0.357V，服从均匀分布，则  $u_1 = 0.357 / \sqrt{3} = 0.21\text{V}$

##### A.1.3.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u_2$

被校交流变频电源输出 220V/50Hz 电压至数字多用表，读取并记录数字多用表显示值。数字多用表测量 10 次的读数如表 A.1 所示

表 A.1 数字多用表测量 10 次的读数

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数/V	220.10	220.15	220.08	220.13	220.06	220.11	220.05	220.13	220.09	220.07

测量的平均值为： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 220.097\text{ V}$

单次测量值的实验室标准差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.03\text{ V}$

取单次测量值为测量结果，则  $u_2 = 0.03\text{ V}$ 。

##### A.1.3.3 被校交流变频电源分辨力引入的不确定度分量 $u_3$

被校交流变频电源交流电压的分辨力为 0.01V，按 B 类进行评定，其区间半宽为  $a=0.005\text{ V}$ ，均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则被校交流变频电源交流电压的分辨力引入的不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029\text{ V}$$



## A.1.4 标准不确定度汇总表（见表 A.2）

表 A.2 标准不确定度汇总表

不确定度来源	概率分布	灵敏系数	不确定度分量
数字多用表读数不准	均匀	-1	0.21V
测量重复性	正态	1	0.03V
分辨力（舍）	均匀	1	0.0029V

## A.1.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.21^2 + 0.03^2} = 0.22\text{V}$$

## A.1.6 扩展不确定度

$U = k \cdot u_c$ ，取  $k=2$ ，由此得到交流电压 220V/50Hz 校准结果的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.22\text{V} = 0.44\text{V}$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_r = 0.2\%$ ， $k=2$

## A.2 频率值误差测量结果的不确定度评定示例

A.2.1 测量方法：采用数字多用表法，设置交流变频电源输出 220V/50Hz 的电压，用数字多用表测量该频率，并记录数字多表示值。

## A.2.2 测量模型

$$\Delta = f_x - f_0$$

式中：

$\Delta$ ——被校电源的频率示值绝对误差；

$f_x$ ——电源的频率输出示值；

$f_0$ ——数字多用表的频率测量值。

## A.2.3 标准不确定度评定

A.2.3.1 数字多用表读数不准引入的不确定度分量  $u_1$ 

查阅数字多用表的技术指标，在 220V/50Hz 测量点的最大允许误差为： $0.02\% \times 50 = 0.01\text{Hz}$ ，服从均匀分布，则  $u_1 = 0.01 / \sqrt{3} = 0.0058\text{Hz}$

A.2.3.2 测量重复性引入的不确定度分量  $u_2$ 

被校交流变频电源输出 220V/50Hz 电压至数字多用表，读取并记录数字多用表显示值。数字多用表测量 10 次的读数如表 2.1 所示

表 A.3 数字多用表测量 10 次的读数

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 /Hz	50.01	50.01	50.00	50.01	50.00	50.00	50.01	50.01	50.01	50.00

测量的平均值为:  $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 50.006 \text{ Hz}$

单次测量值的实验室标准差:  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0052 \text{ Hz}$

取单次测量值为测量结果, 则  $u_2 = 0.0052 \text{ Hz}$ 。

#### A.2.3.3 被校交流变频电源分辨力引入的不确定度分量 $u_3$

被校交流变频电源频率的分辨力为  $0.01 \text{ Hz}$ , 按 B 类进行评定, 其区间半宽为  $a = 0.005 \text{ Hz}$  均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ , 则被校交流变频电源频率的分辨力引入的不确定度为:

$$u_3 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ Hz}$$

#### A.2.4 标准不确定度汇总表 (见表 A.4)

表 A.4 标准不确定度汇总表

不确定度来源	概率分布	灵敏系数	不确定度分量
数字多用表读数不准	均匀	-1	0.0058 Hz
测量重复性	正态	1	0.0052 Hz
分辨力 (舍)	均匀	1	0.00029 Hz

#### A.2.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.0058^2 + 0.0052^2} = 0.0078 \text{ Hz}$$

#### A.2.6 扩展不确定度

$U = k \cdot u_c$ , 取  $k=2$ , 由此得到交流电压  $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$  校准结果的扩展不确定度为:

$$U = 2 \times 0.0078 = 0.02 \text{ Hz}$$

换算至相对扩展不确定度为:  $U_r = 0.04\%$ ,  $k=2$

#### A.3 交流电流示值误差测量结果的不确定度评定示例

A.3.1 测量方法: 将三相功率分析仪和电子负载正确连接到交流变频电源, 设置交流变频电源输出  $10 \text{ A}/50 \text{ Hz}$  的电流, 读取三相功率分析仪电流示值并记录。

##### A.3.2 测量模型

$$\Delta = I_x - I_0$$

式中:

$\Delta$  ——被校电源的交流电流绝对误差;

$I_x$  ——电源的交流电流输出示值;

$I_0$  ——三相功率分析仪的交流电流测量值。

##### A.3.3 标准不确定度评定

###### A.3.3.1 三相功率分析仪读数不准引入的不确定度分量 $u_1$

查阅三相功率分析仪的技术指标, 在 10A/50Hz 测量点的最大允许误差为:  $0.03\% \times 10 = 0.003\text{A}$ , 服从均匀分布, 则  $u_1 = 0.003 / \sqrt{3} = 0.0017\text{A}$

#### A.3.3.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u_2$

被校交流变频电源输出 10A/50Hz 电压至三相功率分析仪, 读取并记录三相功率分析仪显示值。三相功率分析仪测量 10 次的读数如表 A.5 所示

表 A.5 三相功率分析仪测量 10 次的读数

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 /A	10.02	10.02	10.03	10.03	10.02	10.02	10.02	10.03	10.03	10.03

测量的平均值为:  $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10.025\text{A}$

单次测量值的实验室标准差:  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0053\text{A}$

取单次测量值为测量结果, 则  $u_2 = 0.0053\text{A}$

#### A.3.3.3 被校交流变频电源分辨力引入的不确定度分量 $u_3$

被校交流变频电源交流电流的分辨力为 0.01A, 按 B 类进行评定, 其区间半宽为  $a = 0.005\text{A}$  均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ , 则被校交流变频电源频率的分辨力引入的不确定度为:

$$u_3 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.00029\text{A}$$

#### A.3.4 标准不确定度汇总表 (见表 A.6)

表 A.6 标准不确定度汇总表

不确定度来源	概率分布	灵敏系数	不确定度分量
三相功率分析仪读数不准	均匀	-1	0.0017A
测量重复性	正态	1	0.0053A
分辨力 (舍)	均匀	1	0.00029A

#### A.3.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.0017^2 + 0.0053^2} = 0.0057\text{A}$$

#### A.3.6 扩展不确定度

$U = k \cdot u_c$ , 取  $k=2$ , 由此得到交流电压 10A/50Hz 校准结果的扩展不确定度为:

$$U = 2 \times 0.0057 = 0.0114\text{A}$$

换算至相对扩展不确定度为:  $U_r = 0.2\%$ ,  $k=2$

### A.4 失真度测量结果的不确定度评定示例

A.4.1 测量方法: 将交流电子负载, 三相功率分析仪接入被校三相交流变频电源的输出端。调节交流电子负载, 使三相功率分析仪功率测量值为被校交流变频电源最大输出功率

率的 90%。分别读取三相功率分析仪的三相电压失真度测量值，将数据记录在表格中。

#### A.4.2 测量模型

$$Y = x$$

#### A.4.3 标准不确定度评定

##### A.4.3.1 三相功率分析仪读数不准引入的不确定度分量 $u_1$

查阅三相功率分析仪的技术指标，在 1% 测量点的最大允许误差为： $1\% \times 1\% = 0.01\%$ ，服从均匀分布，则  $u_1 = 0.01\% / \sqrt{3} = 0.0058\%$

##### A.4.3.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u_2$

被校交流变频电源输出 220V/50Hz 电压至三相功率分析仪，读取并记录三相功率分析仪显示值。三相功率分析仪测量 10 次的读数如表 A.7 所示

表 A.7 三相功率分析仪测量 10 次的读数

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 /%	1.13	1.13	1.15	1.14	1.14	1.13	1.13	1.14	1.13	1.14

测量的平均值为： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 1.136\%$

单次测量值的实验室标准差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0067\%$

取单次测量值为测量结果，则  $u_2 = 0.0067\%$

#### A.3.4 标准不确定度汇总表（见表 A.8）

表 A.8 标准不确定度汇总表

不确定度来源	概率分布	灵敏系数	不确定度分量
三相功率分析仪读数不准	均匀	-1	0.0058%
测量重复性	正态	1	0.0067%

#### A.3.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.0058^2 + 0.0067^2} = 0.0089\%$$

#### A.3.6 扩展不确定度

$U = k \cdot u_c$ ，取  $k=2$ ，由此得到失真度校准结果的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.0089 = 0.02\%$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_r = 0.02\%$ ， $k=2$

## 附录 B 校准原始记录格式

## 交流变频电源校准原始记录格式

共 X 页, 第 X 页

证书编号: \_\_\_\_\_ 记录编号: \_\_\_\_\_  
 客户名称: \_\_\_\_\_ 客户地址: \_\_\_\_\_  
 型号规格: \_\_\_\_\_ 出厂编号: \_\_\_\_\_  
 制造厂名: \_\_\_\_\_ 校准依据: \_\_\_\_\_  
 环境条件: 温度: \_\_\_\_\_℃ 相对湿度: \_\_\_\_\_% 校准地点: \_\_\_\_\_  
 校准日期: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 建议复校时间: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日  
 校准员: \_\_\_\_\_ 核验员: \_\_\_\_\_

## 主要标准器

标准器名称	型号规格	编号	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书编号	有效期至

## 1 交流电压

## 1.1 单相交流变频电源

设定值		实际值	误差	测量不确定度 ( $k=2$ )
频率	标称值			

## 1.2 三相交流变频电源

设定值		实际值			误差	测量不确定度 ( $k=2$ )
频率	标称值	A 相	B 相	C 相		

## 2 频率

## 2.1 单相交流变频电源

设定值	实际值	误差	测量不确定度 ( $k=2$ )

## 2.2 三相交流变频电源

设定值	实际值			误差	测量不确定度 ( $k=2$ )
	A 相	B 相	C 相		

## 3 交流电流

## 3.1 单相交流变频电源

设定值		实际值	误差	测量不确定度 ( $k=2$ )
频率	标称值			

## 3.2 三相交流变频电源

设定值		实际值			误差	测量不确定度 ( $k=2$ )
频率	标称值	A 相	B 相	C 相		

## 4 负载调整率

## 4.1 单相交流变频电源

	实际值	测量不确定度 ( $k=2$ )
加载		
空载		

## 4.2 三相交流变频电源

	实际值			测量不确定度 ( $k=2$ )
	A 相	B 相	C 相	
加载				
空载				

## 5 失真度

## 5.1 单相交流变频电源

	实际值	测量不确定度 ( $k=2$ )
加载		
空载		

## 5.2 三相交流变频电源

	实际值			测量不确定度 ( $k=2$ )
	A 相	B 相	C 相	
加载				
空载				

6 三相不平衡度

6.1 三相不平衡度电压相位差

负载状态	测量值		测量不确定度（ $k=2$ ）
	$\varphi_{ab}$	$\varphi_{bc}$	
空载			
1/3 不平衡负载			
完全不平衡负载			
空载			

6.2 三相不平衡度相电压不平衡度

项目 负载状态	测量值			电压不平衡	测量不确定度 （ $k=2$ ）
	A 相	B 相	C 相		
平衡负载					
1/3 不平衡负载					
完全不平衡负载					
空载					

附录 C 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
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/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)



证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

1 交流电压

1.1 单相交流变频电源

设定值		实际值	误差	测量不确定度 (k=2)
频率	标称值			

1.2 三相交流变频电源

设定值		实际值			误差	测量不确定度 (k=2)
频率	标称值	A 相	B 相	C 相		

2 频率

2.1 单相交流变频电源

设定值	实际值	误差	测量不确定度 (k=2)

2.2 三相交流变频电源

设定值	实际值			误差	测量不确定度 (k=2)
	A 相	B 相	C 相		

3 交流电流

3.1 单相交流变频电源

设定值		实际值	误差	测量不确定度 (k=2)
频率	标称值			

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

3.2 三相交流变频电源

设定值		实际值			误差	测量不确定度 (k=2)
频率	标称值	A 相	B 相	C 相		

4 负载调整率

4.1 单相交流变频电源

	实际值	测量不确定度 (k=2)
加载		
空载		

4.2 三相交流变频电源

	实际值			测量不确定度 (k=2)
	A 相	B 相	C 相	
加载				
空载				

5 失真度

5.1 单相交流变频电源

	实际值	测量不确定度 (k=2)
加载		
空载		

5.2 三相交流变频电源

	实际值			测量不确定度 (k=2)
	A 相	B 相	C 相	
加载				
空载				

6 三相不平衡度

6.1 三相不平衡度电压相位差

负载状态	测量值		测量不确定度 (k=2)
	$\varphi_{ab}$	$\varphi_{bc}$	
空载			
1/3 不平衡负载			
完全不平衡负载			
空载			

证书编号 XXXXXX-XXXX

# 校准结果

6.2 三相不平衡度相电压不平衡度

项目 负载状态	测量值			电压不平衡	测量不确定度 (k=2)
	A 相	B 相	C 相		
平衡负载					
1/3 不平衡负载					
完全不平衡负载					
空载					

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。

江苏省地方计量技术规范  
交流变频电源校准规范  
JJF(苏)XXXX—20XX  
江苏省市场监督管理局发布

\*

江苏省计量协会印刷  
版权所有不得翻印

\*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本  
2025 年\*月 印刷