

天津市地方计量技术规范

JJF (津) XX—2026

三相交流稳压电源校准规范

Calibration Specification for Three Phase AC Regulated Power

Supply

(报批稿)

2026—XX—XX 发布

2026—XX—XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

三相交流稳压电源 校准规范

Calibration Specification for
Three Phase AC Regulated Power
Supply

JJF (津) XX-2026

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

参加起草单位：中国地震局一测中心

本规范由天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

李 征（天津市计量监督检测科学研究院）

王子鹏（天津市计量监督检测科学研究院）

陈 凯（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

赵立军（中国地震局一测中心）

张 珩（天津市计量监督检测科学研究院）

薛 增（天津市计量监督检测科学研究院）

刘广荔（天津市计量监督检测科学研究院）

鲁 超（天津市计量监督检测科学研究院）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 交流电压.....	(2)
5.2 电压总谐波畸变率.....	(2)
5.3 电压不平衡度.....	(2)
5.4 频率.....	(2)
5.5 交流电流.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 测量标准及其他设备.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准方法.....	(3)
8 校准结果的表达.....	(11)
9 复校时间间隔.....	(11)
附录 A 三相交流稳压电源校准原始记录参考格式.....	(12)
附录 B 校准证书内页格式.....	(14)
附录 C 三相交流稳压电源不确定度评定示例.....	(16)

引 言

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列文件。

本规范为首次发布。

三相交流稳压电源校准规范

1 范围

本规范适用于每相交流电压为 10 V~750 V (15 Hz~5000 Hz) 的三相交流稳压电源, 也适用于具有三相交流电压输出的自动稳压设备及自动调压器等的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 15543—2008 电能质量三相电压不平衡

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

3.1 电压不平衡 voltage unbalance

三相电压在幅值上不同或相位差不是 120° , 或兼而有之。

[来源: GB/T 15543—2008, 术语与定义 3.1]

3.2 不平衡度 unbalance factor

指三相电力系统中三相不平衡的程度。

[来源: GB/T 15543—2008, 3.2 修改]

4 概述

三相交流稳压电源是一种提供稳定的三相正弦交流电的电气设备, 其工作原理是对输入电压进行波形控制与合成、功率放大后输出, 同时对输出进行反馈调整, 确保输出电压的稳定。三相交流稳压电源主要模块包括输入整流滤波、三相功率变换 (逆变)、波形发生与合成、控制电路、功率放大输出以及测量反馈单元。三相交流稳压电源在工业制造、检验检测实验室等领域有较为广泛的应用。

5 计量特性

5.1 交流电压

输出范围：10 V~750 V，(15 Hz~5000 Hz)；

允许误差范围：±(0.5%~5%)

5.2 电压总谐波畸变率

电压总谐波畸变率：≤5%。

5.3 电压不平衡度

短时电压不平衡度：≤4%；长时电压不平衡度：≤2%。

5.4 频率

输出范围：15 Hz~5000 Hz；

允许误差范围：±(0.1%~5%)。

5.5 交流电流

输出范围：1 A~100 A，(15 Hz~400 Hz)；100 A~2000 A，(50 Hz、60 Hz)；

允许误差范围：±(1%~10%)。

注：具体计量特性，请参照被校三相交流稳压电源的技术要求。上述指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(23±5)℃，相对湿度：≤75%。

6.1.2 供电电源

三相供电，相电压(220±22)V，供电电源频率(50±1)Hz。

6.1.3 周围无影响校准工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 由标准器、辅助设备及环境条件所引起的扩展不确定度($k=2$)，一般应不大于被校三相交流稳压电源相应参数最大允许误差绝对值的1/3。

6.2.2 校准时所需的标准器及配套设备见表1，可根据被校三相交流稳压电源的实际需

求选择。

表 1 标准器及配套设备

序号	校准项目	标准器名称	测量范围	最大允许误差或测量不确定度
1	交流电压	交流电压表	10 V~750 V, (15 Hz~5000 Hz)	$\pm (0.1\% \sim 1\%)$
2	电压总谐波畸变率	谐波分析仪 (或电能质量分析仪)	0.01 %~10 %	$\pm 0.05\%$
3	电压不平衡度	电能质量分析仪	0.01 %~10 %	$\pm 0.2\%$
4	频率	数字频率表 (如带频率测量功能的数字多用表)	15 Hz~5000 Hz	$\pm (0.05\% \sim 1\%)$
5	交流电流	交流标准电流表 (或交流电流测量装置)	1 A~100 A, (15 Hz~400 Hz) ; 100 A~2000 A, (50 Hz、60 Hz)	$\pm (0.2\% \sim 2\%)$

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

三相交流稳压电源的校准项目见表 2。

表 2 三相交流稳压电源校准项目

序号	项目名称	校准方法的条款
1	外观和通电检查	7.2.1
2	交流电压	7.2.2
3	电压总谐波畸变率	7.2.3
4	电压不平衡度	7.2.4
5	频率	7.2.5
6	交流电流	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观及通电检查

- a) 被校三相交流稳压电源应结构完整，并无影响正常工作的机械损伤，接线柱完整。
- b) 面板或仪器铭牌上应有明晰的仪器的名称、型号、生产厂家、出厂编号等信息。
- c) 通电检查时，表头指示正常，不应有影响读数的缺陷，电压调节正常。

7.2.2 交流电压的校准

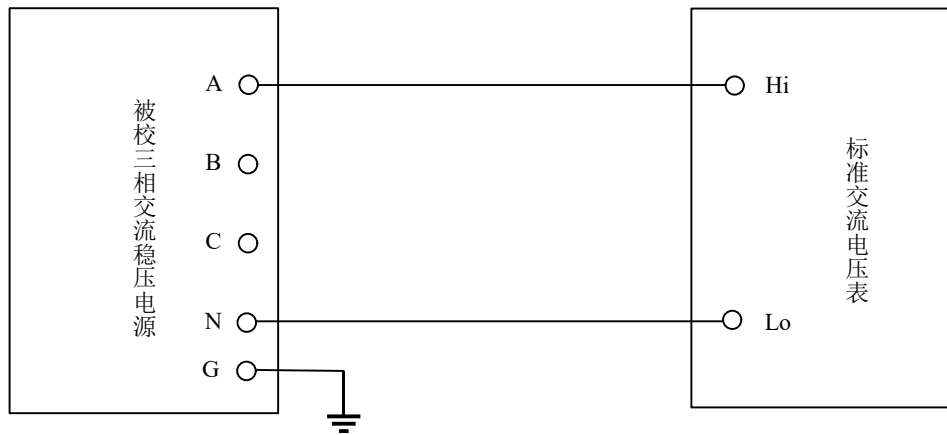


图1 交流电压校准接线图（空载条件）

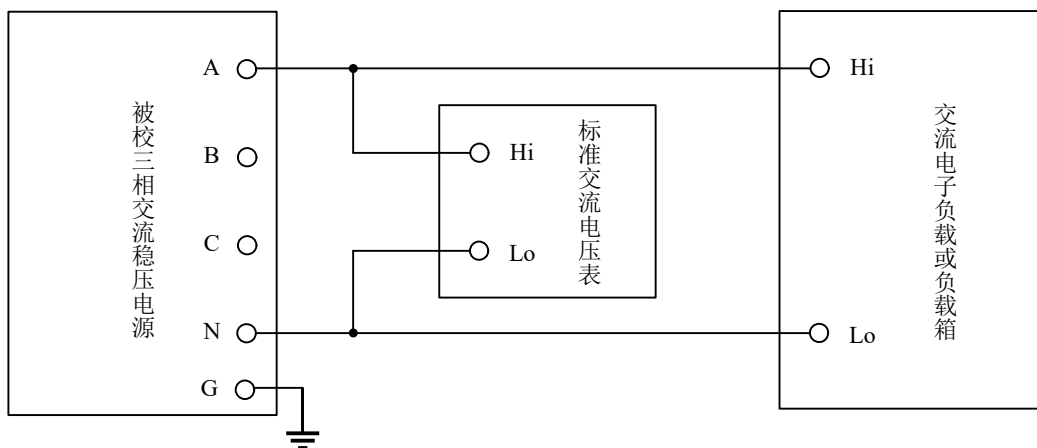


图2 交流电压校准接线图（额定负载条件）

a) 若为固定输出的三相交流稳压电源，则校准固定电压值；可调输出的三相交流稳压电源，在其量程范围内均匀选取 3~5 个校准点，应覆盖量程范围的 10 %、50 %和 100 %。模拟指示的单相交流电源，选择带数字的分度线进行校准。输出电压频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。

b) 在空载条件下，按图 1 接线；接入额定负载条件下，按图 2 接线。

c) 将标准交流电压表的电压测量端与被校三相交流稳压电源的 A 相输出端及 N 端连接。打开被校三相交流稳压电源输出开关，调节输出电压值，记录被校三相交流稳压

电源的电压示值和标准交流电压表的示值，带入公式计算示值误差。将测试线由 A 相输出端移到 B 相、C 相输出端，重复以上操作，得出 B 相、C 相输出电压的示值误差。

d) 交流电压示值绝对误差按公式 (1) 计算。

$$\Delta_V = V_X - V_S \quad (1)$$

式中：

Δ_V ——被校三相交流稳压电源电压示值绝对误差，V；

V_X ——被校三相交流稳压电源电压示值，V；

V_S ——标准交流电压表的交流电压示值，V。

交流电压示值相对误差按公式 (2) 计算。

$$\delta_V = \frac{\Delta_V}{V_S} \times 100 \quad (2)$$

式中：

Δ_V ——被校三相交流稳压电源电压示值绝对误差，V；

V_S ——标准交流电压表的交流电压示值，V；

δ_V ——被校三相交流稳压电源电压示值相对误差，%。

7.2.3 电压总谐波畸变率校准

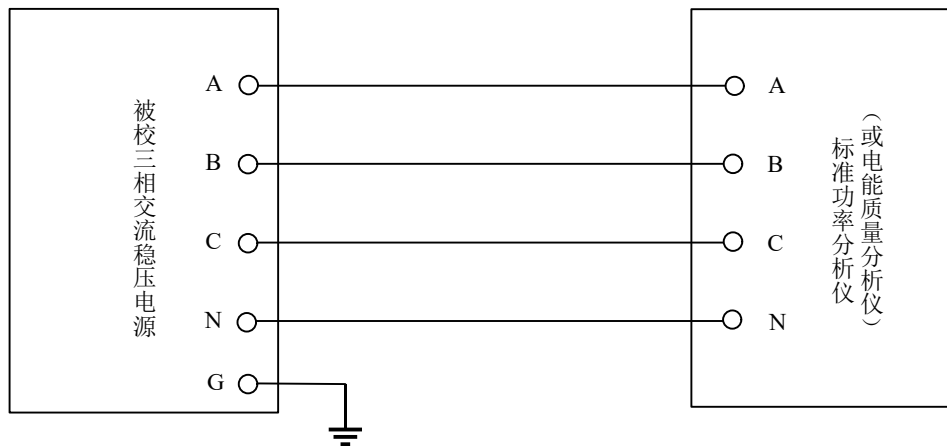


图 3 交流电压总谐波畸变率校准（空载）接线图

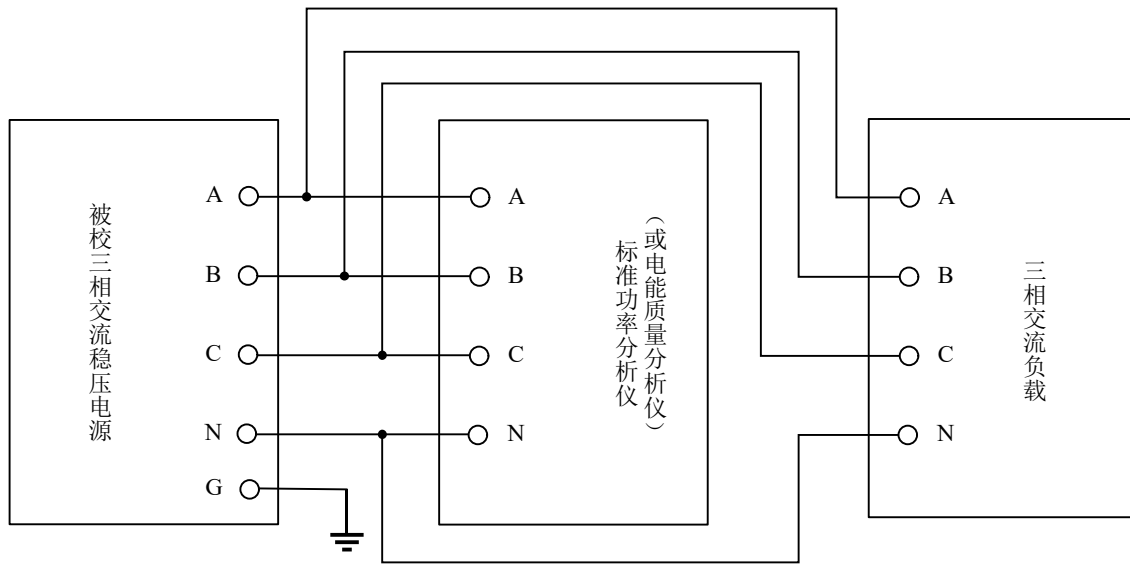


图4 交流电压总谐波畸变率（额定负载）校准接线图

a) 固定输出的三相交流稳压电源，选择固定电压值；可调输出的三相交流稳压电源，在其量程范围内均匀选取 3~5 个校准点进行校准，应覆盖量程范围的 10 %、50 %和 100 %。模拟指示的三相交流稳压电源，选择带数字的分度线进行校准。输出电压频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。

b) 空载条件下，按图 3 接线；额定负载条件下，按图 4 接线。

c) 打开三相交流稳压电源输出开关，在空载和额定负载条件下，读取并记录电能质量分析仪测得的 A 相、B 相和 C 相的总谐波畸变率测量值。

7.2.4 电压不平衡度校准

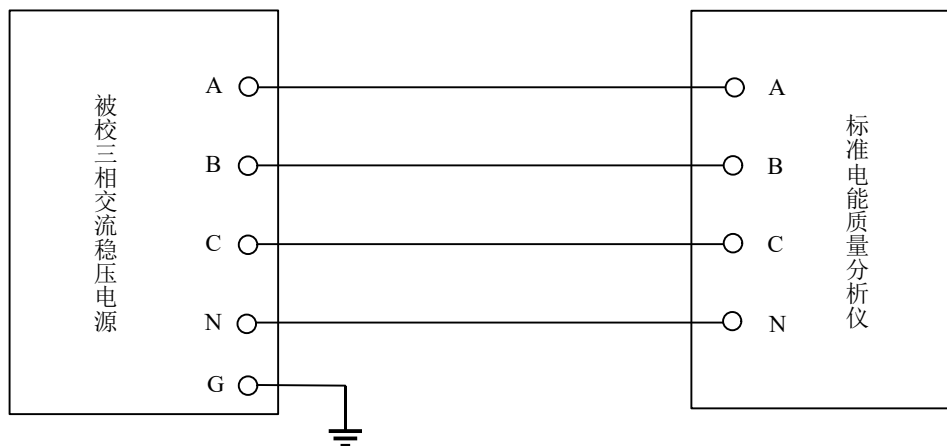


图5 电压不平衡度（空载）校准接线图

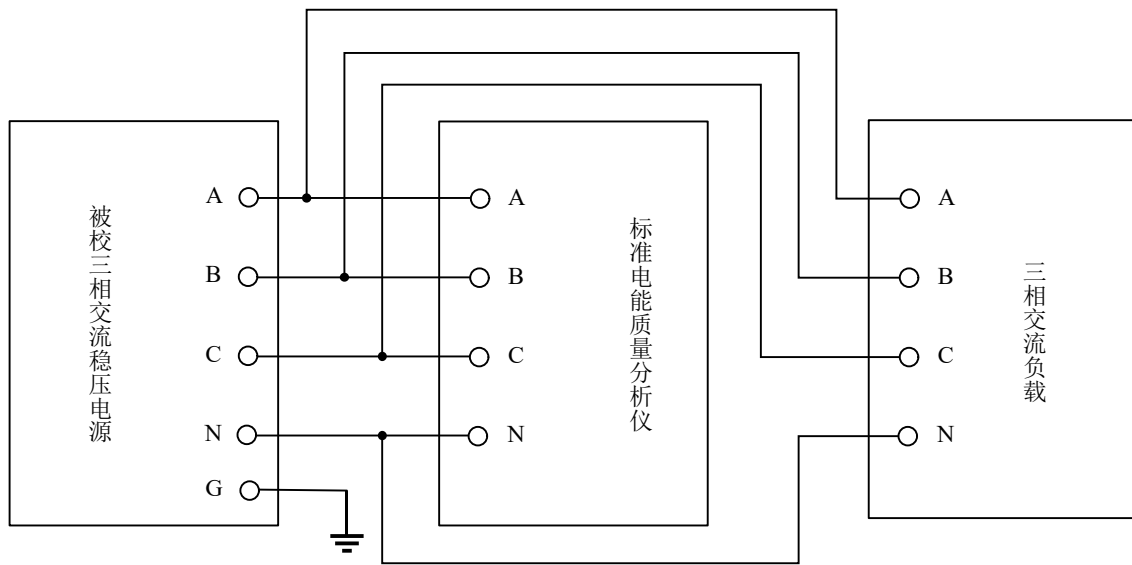


图6 电压不平衡度（额定负载）校准接线图

- a) 固定输出的单相交流电源，在固定电压下校准；可调输出的单相交流电源，选择量程上限（或接近满量程值）。输出电压频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。
- b) 空载条件下，按图5接线；额定负载条件下，按图6接线。
- c) 设置电能质量分析仪为电压不平衡度测量功能，将标准电能质量分析仪的电压测量端与被校三相交流稳压电源的A相、B相、C相输出端及N端连接，打开被校三相交流稳压电源输出开关，记录标准电能质量分析仪的电压不平衡度测量值。

7.2.5 频率校准

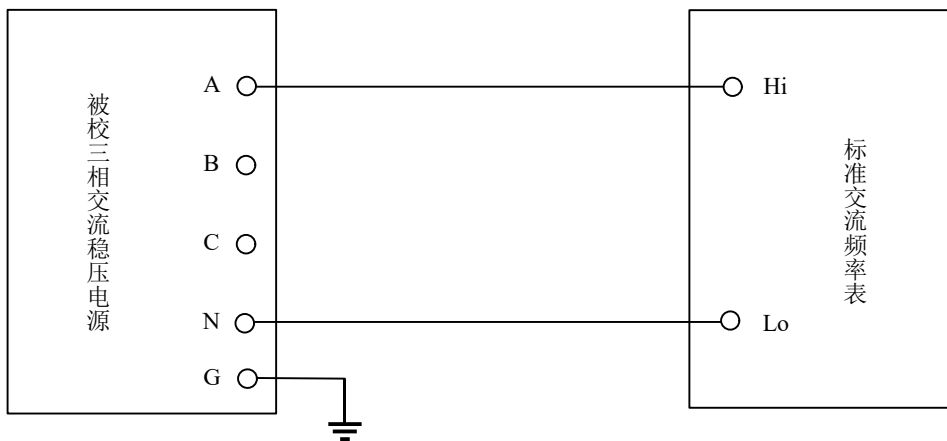


图7 频率校准接线图

- a) 固定输出的三相交流稳压电源，在固定电压下测量；可调输出的三相交流稳压电源，选择电压量程上限（或接近满量程值）。

b) 固定频率的三相交流稳压电源，校准固定频率值；可调频率的三相交流稳压电源，在其频率可调范围内均匀选取 3~5 个校准点，应覆盖量程范围的 10 %、50 %和 100 %。

c) 按图 7 接线。

d) 将标准数字频率表的测量端与被校三相交流稳压电源的 A 相输出端及 N 端连接。打开被校三相交流稳压电源输出开关，调节输出电压值至量程上限（或接近满量程值），记录被校三相交流稳压电源的频率示值和标准数字频率表的示值，带入公式计算示值误差。将测试线由 A 相输出端移到 B 相、C 相输出端，重复以上操作，得出 B 相、C 相的频率示值误差。

d) 频率示值绝对误差按公式（3）计算。

$$\Delta_f = f_x - f_s \quad (3)$$

式中：

Δ_f ——被校三相交流稳压电源频率示值绝对误差，Hz；

f_x ——被校三相交流稳压电源频率示值，Hz；

f_s ——标准数字频率表的频率示值，Hz。

频率示值相对误差按公式（4）计算。

$$\delta_f = \frac{\Delta_f}{f_s} \times 100 \quad (4)$$

式中：

Δ_f ——被校三相交流稳压电源频率示值绝对误差，Hz；

f_s ——标准数字频率表的频率示值，Hz；

δ_f ——被校三相交流稳压电源频率示值相对误差，%。

7.2.6 交流电流校准

7.2.6.1 校准点选取

在被校三相交流稳压电源的电流量程范围内均匀选取 3~5 个校准点，应覆盖量程范围的 10 %、50 %和 100 %。模拟指示的三相交流稳压电源，选择带数字的分度线进行校准。输出电流频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。

7.2.6.2 直接测量法

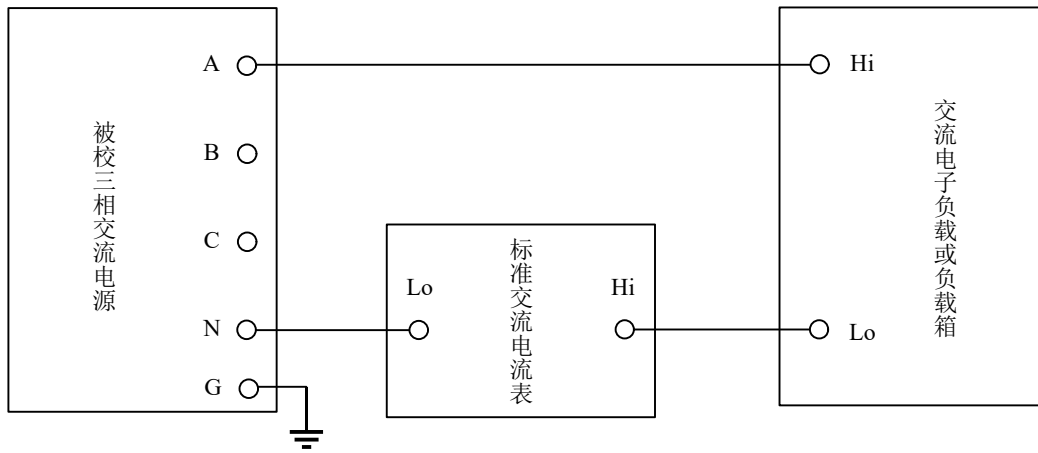


图8 交流电流校准接线图

a) 按图8接线。

b) 打开被校三相交流稳压电源输出开关，调节交流电子负载或负载箱，使被校三相交流稳压电源输出电流，记录被校三相交流稳压电源的电流示值和标准交流电流表的示值，带入公式计算示值误差。将测试线由A相输出端移到B相、C相输出端，重复以上操作，得出B相、C相的交流电流示值误差。

c) 交流电流示值绝对误差按公式(5)计算。

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

式中：

ΔI ——被校三相交流稳压电源电流示值误差，A；

I_X ——被校三相交流稳压电源电流显示值，A；

I_S ——标准交流电流表电流示值，A。

交流电流示值相对误差按公式(6)计算。

$$\delta_1 = \frac{\Delta_I}{I_S} \times 100 \quad (6)$$

式中：

ΔI ——被校三相交流稳压电源电流示值误差，A；

I_S ——标准交流电流表电流示值，A；

δ_1 ——被校三相交流稳压电源电流示值绝对误差，%。

7.2.6.3 交流电流/电压转换标准法

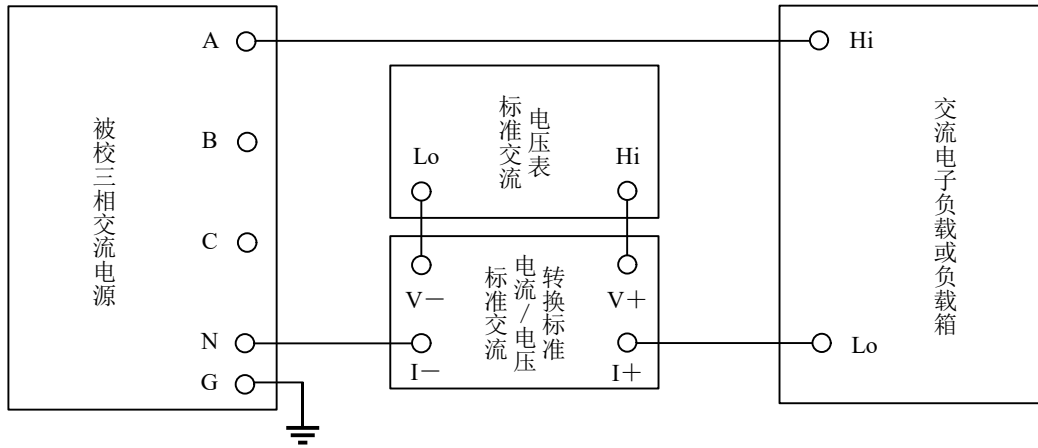


图9 交流电流校准接线图

a) 按图9接线。

b) 打开三相交流稳压电源输出开关，调节交流电子负载或负载箱，使三相交流稳压电源输出电流，记录被校三相交流稳压电源的电流示值和标准交流电压表的电压示值，带入公式计算示值误差。将测试线由A相输出端移到B相、C相输出端，重复以上操作，得出B相、C相的交流电流示值误差。

c) 采用交流电流/电压转换标准法的电流示值绝对误差按公式(7)计算。

$$\Delta_1' = I_x' - kV_s \quad (7)$$

式中：

Δ_1' ——被校三相交流稳压电源电流示值绝对误差，A；

I_x' ——被校三相交流稳压电源电流显示值，A；

k ——交流电流/电压转换标准的电流/电压转换比例系数；

V_s ——标准交流电压表的示值，V。

采用交流电流/电压转换标准法的电流示值相对误差按公式(8)计算。

$$\delta_1' = \frac{\Delta_1'}{kV_s} \times 100 \quad (8)$$

式中：

- Δ'_I ——被校三相交流稳压电源电流示值绝对误差，A；
- k ——交流电流/电压转换标准的电流/电压转换比例系数；
- V_s ——标准交流电压表的示值，V；
- δ'_I ——被校三相交流稳压电源电流示值相对误差，%。

8 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映，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；
- 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) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性的说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 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 A、校准证书内页格式见附录 B 要求。

9 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

三相交流稳压电源校准原始记录参考格式

第×页，共×页

仪器/样品信息					
校准证书编号：					
委托单位名称：					
委托单位地址：					
仪器名称：					
型号规格：					
出厂编号：					
制造单位：					
测量信息					
标准器名称	型号规格	编号	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	证书编号	有效期至
校准依据：					
校准地点：					
校准日期：					
温度： ℃					
相对湿度： %					
备注：					
校准人员：			核验人员：		

1 外观及通电检查:

2 交流电压校

负载条件	相位	频率	示值	标准值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)

3 电压总谐波畸变率校准

负载条件	相位	电压示值	频率示值	电压总谐波畸变率	测量不确定度 ($k=2$)

4 三相电压不平衡度校准

负载条件	电压设定值	频率设定值	三相电压不平衡度	测量不确定度 ($k=2$)

5 频率校准

相位	示值	标准值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)

6 交流电流校准

相位	频率	示值	标准值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)

附录 B

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。					
校准所依据的技术文件 (代号、名称):					
校准所依据的主要计量器具:					
名称	型号/规格	编号	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	有效期至
校准地点及环境条件:					
地点:					
温度: °C 相对湿度: % 其他:					

注: 1. 未经实验室书面批准, 不得部分复制本证书。

2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效

3. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责

第×页共×页

校准结果

1 外观及通电检查:

2 交流电压校准

负载条件	相位	频率	示值	标准值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)

3 电压总谐波畸变率校准

负载条件	相位	电压示值	频率示值	电压总谐波畸变率	测量不确定度 ($k=2$)

4 三相电压不平衡度校准

负载条件	电压设定值	频率设定值	三相电压不平衡度	测量不确定度 ($k=2$)

5 频率校准

相位	示值	标准值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)

6 交流电流校准

相位	频率	示值	标准值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)

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“×××××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。

校准员: 核验员:

附录 C

三相交流稳压电源测量不确定度评定示例

C.1 引言

三相交流稳压电源校准主要有交流电压、频率、交流电流、电压总谐波畸变率、三相电压不平衡度等 5 个主要技术参数。本附录以交流电压不确定度为例,说明三相交流稳压电源校准项目的测量不确定度评定的程序,由于校准方法和所用仪器设备相同或近似,其他项目校准结果的测量不确定度评定程序类同。

C.2 交流电压测量不确定的评定

C.2.1 测量方法

采用直接测量法,以 220 V (50 Hz) 校准点为例,被校三相交流稳压电源在该点的最大允差为 ± 0.82 V。将标准交流电压表与被校三相交流稳压电源连接好,调节三相交流稳压电源输出 220 V (50 Hz),记录标准交流电压表标准值和被校三相交流稳压电源示值,计算交流电压的示值误差。

C.2.2 测量模型

以直接测量法校准交流电压校准方法见 7.2.2,其示值绝对误差校准测量模型可用公式 (C.1) 表示:

$$\Delta_v = V_x - V_s \quad (\text{C.1})$$

式中:

Δ_v ——被校三相交流稳压电源电压示值绝对误差, V;

V_x ——被校三相交流稳压电源的电压示值, V;

V_s ——标准交流电压表的电压标准值, V。

C.2.3 合成标准不确定度及灵敏度系数

各输入量之间不相关,由不确定度传播公式,可得合成标准不确定度:

$$u_c(\Delta_v) = \sqrt{c_1^2 u^2(V_x) + c_2^2 u^2(V_s)} \quad (\text{C.2})$$

式中：

$u_c(\Delta_V)$ ——被校三相交流稳压电源交流电压示值误差的合成标准不确定度，V；

$u(V_S)$ ——标准交流电压表引入的标准不确定度，V；

$u(V_X)$ ——被校三相交流稳压电源引入的标准不确定度，V；

灵敏系数：

$$c_1 = \partial\Delta_V / \partial V_X = 1, \quad c_2 = \partial\Delta_V / \partial V_S = -1$$

C.2.4 标准不确定度来源

C.2.4.1 $u(V_S)$ 的来源如下：

- a) 标准交流电压表示值误差引入的标准不确定度 $u_1(V_S)$ ；
- b) 标准交流电压表测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(V_S)$ 。

C.2.4.2 $u(V_X)$ 的来源如下：

- a) 被校三相交流稳压电源交流电压分辨力引入的标准不确定度 $u_1(V_X)$ ；
- b) 被校三相交流稳压电源交流电压示值重复性引入的标准不确定度 $u_2(V_X)$ 。

其中 $u_2(V_X)$ 因被校三相交流稳压电源交流电压示值较为稳定，故忽略不计。

C.2.5 标准不确定度的评定

C.2.5.1 标准交流电压表示值误差引入的标准不确定度 $u_1(V_S)$

按 B 类进行评定。参照标准交流电压表的技术说明书，其测量交流电压的精度指标为 ±(0.06%读数+0.03%量程)，估计为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1(V_S) = \frac{0.06\% \times 220 \text{ V} + 0.03\% \times 750 \text{ V}}{\sqrt{3}} \approx 0.21 \text{ V}$$

C.2.5.2 标准交流电压表测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(V_S)$

测量结果的重复性引入的标准不确定度通过多次重复测量进行 A 类评定。多次重复测量结果如表 C.1 表示，用贝塞尔公式 (C.3) 计算：

$$u_2(V_S) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (V_{Si} - \bar{V}_S)^2}{n-1}} \quad (\text{C.3})$$

式中:

\bar{V}_S —标准交流电压表多次测量的平均值, V;

V_{Si} —标准交流电压表第 i 次测量值, V;

n —重复测量的次数, 此处 $n=10$ 。

表 C.1 三相交流稳压电源 220 V(50 Hz) 点重复性测量数据

第 i 次测量	1	2	3	4	5
测量值/V	219.79	219.81	219.79	219.76	219.80
第 i 次测量	6	7	8	9	10
测量值/V	219.83	219.81	219.79	219.78	219.76

校准时取单次值作为测量结果, 故测量结果重复性引入的标准不确定度为:

$$u_2(V_S) = 2.2 \times 10^{-2} \text{ V}$$

C.2.5.3 被校电源交流电压分辨力引入的标准不确定度 $u_1(V_x)$

根据说明书可知, 被校电源交流电压分辨力为 0.1 V, 按 B 类进行评定, 那么区间半宽为 $a=0.05 \text{ V}$, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则被校电源交流电压分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_1(V_x) = \frac{a}{k} = \frac{0.05 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 2.9 \times 10^{-2} \text{ V}$$

C.2.6 不确定度分量一览表

具体见表 C.2。

表 C.2 交流电压示值误差校准不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	分布类型	灵敏系数	标准不确定度
$u_1(V_S)$	标准交流电压表示值误差引入	均匀	-1	0.21 V
$u_2(V_S)$	标准交流电压表测量重复性引入	正态	-1	$2.2 \times 10^{-2} \text{ V}$
$u_1(V_x)$	被校三相交流稳压电源交流电压分辨力引入	均匀	1	$2.9 \times 10^{-2} \text{ V}$

C.2.7 合成标准不确定度的计算

合成标准不确定度按公式 (2) 计算。

$$u_c(\Delta_V) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(V_X) + c_2^2 u_1^2(V_S) + c_2^2 u_2^2(V_S)} = 0.21 \text{ V}$$

C.2.8 扩展不确定度的确定

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为: $U = k \times u_c(\Delta_V) = 2 \times 0.21 \text{ V} \approx 0.4 \text{ V}$
