

JJF(豫)

河南省地方计量技术规范

JJF(豫) ×××-2026

配电自动化终端测试仪校准规范

Calibration Specification for Distribution Automation Terminal Tester

(征求意见稿)

2026—XX—XX 发布

2026—XX—XX 实施

河南省市场监督管理局 发布

配电自动化终端测试仪 校准规范

JJF(豫) XXX-2026

Calibration Specification for Distribution
Automation Terminal Tester

归口单位：河南省市场监督管理局

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	2
5 校准条件.....	4
5.1 环境条件.....	4
5.2 测量标准及其他设备.....	5
6 校准项目和校准方法.....	5
6.1 校准项目.....	5
6.2 校准方法.....	6
7 校准结果表达...	14
8 复校时间间隔.....	15
附录 A 测量不确定度评定示例.....	16
附录 A 校准原始记录格式.....	19
附录 D 校准证书内页格式.....	1

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》编制。

本规范是首次制定的地方计量校准规范。

配电自动化终端测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于配电自动化终端测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 1112-2015 《配电自动化终端测试仪校准规程》

JJF 1667-2017 《工频谐波测量仪器校准规范》

JJF 1923-2021 《电测量仪表校验装置校准规范》

DL/T 2178-2020 《配电自动化终端试验装置技术条件》

DL/T 2367-2021 《配电自动化终端自动检测系统技术规范》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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

配电自动化终端测试仪（以下简称测试仪）是一种用于对配电自动化终端进行功能测试和性能校验的专用仪器，广泛应用于电力系统配电自动化领域。

测试仪主要由以下模块组成：

a) 模拟量输出模块：包括交流电流源、交流电压源、直流电流源、直流电压源等，用于模拟配电自动化终端工作时的各种电气量；

b) 状态量模拟模块：用于模拟开关量输入、输出状态；

c) 控制执行指示模块：用于控制测试过程并显示测试结果；

d) 通信接口模块：用于与配电自动化终端进行数据通信；

e) 电源模块：为各功能模块提供工作电源。

测试仪适用于各类配电自动化终端的校准，包括但不限于站所终端（DTU）、馈线终

端 (FTU) 和配电变压器终端 (TTU) 等设备的测试和校验。

4 计量特性

4.1 交流电流

4.1.1 交流电流输出示值误差

测试仪的基本电流 I_N 分为 1A 或 5A, $I_N=1A$ 时每相电流输出的最大电流有效值 $I_{max} \geq 6A$; $I_N=5A$ 时, 每相电流输出的最大电流有效值 $I_{max} \geq 30A$ 。

各频率下, 每相输出电流和频率的最大允许误差如表 1 所示, 其中频率每相独立可调。

表 1 交流电流输出幅值和频率最大允许误差

电流源 输出频率	基本误差			
	频率	输出电流		
		$I \leq 0.5I_N$	$0.5I_N < I \leq 1.2I_N$	$1.2I_N < I \leq I_{max}$
50Hz	$\pm 0.001\text{Hz}$	$\pm 1\text{mA}$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.1\%$
$10\text{Hz} < f \leq 65\text{Hz}$	$\pm 0.001\text{Hz}$	$\pm 0.2\%$		
$65\text{Hz} < f \leq 450\text{Hz}$	$\pm 0.01\text{Hz}$	$\pm 0.2\%$		
$450\text{Hz} < f \leq 1000\text{Hz}$	$\pm 0.02\text{Hz}$	$\pm 0.5\%$		

4.1.2 输出电流总谐波畸变率

在负载 0.3Ω 的条件下, 输出交流电流 1A、5A 时的总谐波畸变率不应大于 0.1%;

电流源输出 $0.1A \sim I_{max}$, 输出电流总谐波畸变率应符合表 2 的规定。

表 2 输出电流总谐波畸变率

分类	电流输出值	总谐波畸变率
$I_N=1A$	0.1A~6A	$\leq 0.2\%$
$I_N=5A$	0.5A~30A	$\leq 0.2\%$

4.1.3 交流电流响应时间

在 50Hz 下输出电流为 I_{max} 时, 在 0.3Ω 的阻性负载上测得幅值由 10% 上升至 90% 或由 90% 下降至 10% 时, 响应时间应小于 $100\mu\text{s}$ 。

4.2 交流电压

4.2.1 交流电压输出示值误差

测试仪的最大电压有效值 $U_{\max} \geq 264V$ 。

各频率下，每相输出电压和频率的最大允许误差如表 3 所示，其中频率每相独立可调。

表 3 交流电压输出幅值和频率最大允许误差

电流源 输出频率	输出电流		
	频率	$U \leq 2V$	$2 < U \leq U_{\max}$
50Hz	$\pm 0.001\text{Hz}$	$\pm 2\text{mV}$	$\pm 0.05\%$
$10\text{Hz} < f \leq 65\text{Hz}$	$\pm 0.001\text{Hz}$	$\pm 0.2\%$	
$65\text{Hz} < f \leq 450\text{Hz}$	$\pm 0.01\text{Hz}$	$\pm 0.2\%$	
$450\text{Hz} < f \leq 1000\text{Hz}$	$\pm 0.02\text{Hz}$	$\pm 0.5\%$	

4.2.2 输出电压总谐波畸变率

输出电压为 $2V \sim U_{\max}$ 时，总谐波畸变率不大于 0.2%。

4.2.3 交流电压响应时间

在 50Hz 下输出电压为 U_{\max} 时，在阻性负载上测得幅值由 10% 上升至 90% 或由 90% 下降至 10% 时，响应时间应小于 $100 \mu\text{s}$ 。

4.3 直流电流输出

4.3.1 直流电流输出示值误差

直流电流输出幅值范围为 $-20\text{mA} \sim 20\text{mA}$ ，最大允许误差不超过 $\pm 0.1\text{mA}$ 。

4.3.2 直流电流输出的纹波系数

纹波系数不大于 1%。

4.4 直流电压输出

4.4.1 直流电压输出示值误差

直流电压输出幅值的范围： $0V \sim 60V$ 。

输出电压 $U \leq 5V$ 时，最大允许误差不超过 $\pm 25\text{mV}$ ；输出电压为 $5V < U \leq 60V$ 时，最大允许误差不超过 $\pm 0.1\%$ 。

4.4.2 直流电压纹波系数

纹波系数不大于 1%。

4.5 功率输出

交流电压输出频率为 50Hz，输出电压 264V，功率因数分别为 1、0.4、-0.4，电压总

谐波畸变率小于 1%时，输出功率应大于 200V A。有功功率和无功功率最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ 。

4.6 谐波输出

应能输出 2 次~20 次谐波，谐波含量 0%~100% 可调。（2 次~21 次）最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，（21 次~31 次）最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

4.7 交流电流源与交流电压源的同步性

交流电压和交流电流的输出应具有良好的同步性。在模拟短路故障时，电压和电流的同步误差不应大于 $10 \mu s$ 。

4.8 交流电流源与交流电压源的相位控制

50Hz 下电流源各相之间、电压源各相之间、电流源与电压源各相之间的相位及合闸相位角的范围及基本误差在参比工作条件下应满足表 4 的要求。

表 4 交流电流源与交流电压源的相位控制时基本误差

范 围	$0^\circ \sim 360^\circ$	
项 目	最大允许误差	
基本误差	相 位	$\pm 0.1^\circ$
	合闸相位角	$\pm 1^\circ$

4.9 时间测量

测试仪的测量范围和最大允许误差应满足表 5 的要求。

表 5 时间测量的最大允许误差

时间测量范围	最大允许误差
$1ms < t \leq 1s$	$\pm 1ms$
$1s < t \leq 9999.999s$	$\pm 0.1\%$

5 校准条件

5.1 环境条件

- a) 环境温度: $(20 \pm 2)^\circ C$;
- b) 相对湿度: 45%~75%;
- c) 电源电压: $(220 \pm 22) V$, 电源频率: $(50 \pm 0.5) Hz$;
- d) 周围无强电磁场影响。

5.2 测量标准及其他设备

校准时由标准器、配套设备及环境条件所引起的扩展不确定度 ($k=2$) 不大于被校测量系统最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。标准器的测量范围应能覆盖被校测定仪的测量范围。

校准时所需的标准器及配套设备主要包括标准电压电流表、电流电压转换器、标准功率表、标准无功功率表、标准相位表、频率测量设备、失真度测量仪、真有效值交流电压表、负载电阻、无感电阻等。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目如表 6 所示。

表 6 校准项目

序号	校准项目		计量特性条款	校准方法条款
1	交流电流校准	交流电流输出示值误差	4.1.1	6.2.2.1
		交流电流频率误差	4.1.1	6.2.2.2
		输出电流总谐波畸变率	4.1.2	6.2.2.3
		交流电流响应时间	4.1.3	6.2.2.4
2	交流电压校准	交流电压输出示值误差	4.2.1	6.2.3.1
		交流电压频率误差	4.2.1	6.2.3.2
		输出电压总谐波畸变率	4.2.2	6.2.3.3
		交流电压响应时间	4.1.3	6.2.3.4
3	直流电流校准	直流电流输出示值误差	4.3.1	6.2.4.1
		直流电流纹波系数	4.3.2	6.2.4.2
4	直流电压校准	直流电压输出示值误差	4.4.1	6.2.4.1
		直流电压纹波系数	4.4.2	6.2.4.2
5	功率输出		4.5	6.2.5
6	谐波输出		4.6	6.2.6
7	交流电流源与交流电压源的同步性		4.7	6.2.7
8	交流电流源与交流电压源的相位控制		4.8	6.2.8
9	时间测量		4.9	6.2.9

6.2 校准方法

6.2.1 校准前的准备

6.2.1.1 外观检查

测试仪外形结构完好，外露件等不应损坏或脱落，机壳、端钮等不应有影响正常工作的机械碰伤，按键无卡死或接触不良的现象；测试仪产品名称、制造厂家、仪器型号和编号等均应有明确标记，具备专用的接地端子；供电电压和频率标志应正确无误。

6.2.1.2 功能检查

调节功能正常，通电后，各状态指示正确。

6.2.2 交流电流

测试仪交流电流的校准接线如图1所示。

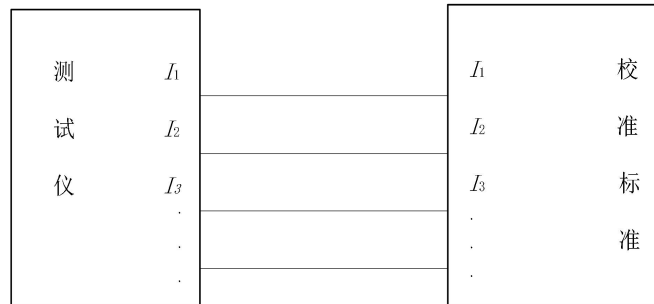


图1 交流电流校准接线图

6.2.2.1 交流电流输出

测试仪的交流电流输出按照以下方法进行校准：

- 按照图1的方式接线，设置交流电流输出频率为50Hz；
- 校准点至少包括0.2A、1A、 I_N 和 I_{max} ；
- 用校准标准（或交流电流标准表）分别测出各相电流值范围及示值，同时用校准标准（或频率标准表）测试其频率。

6.2.2.2 交流电流频率

测试仪的交流电流频率按照以下方法进行校准：

- 按照图1的方式接线，分别设置测试仪交流电流输出值为 I_N 。
- 在输出范围内各相均匀选取校准点：10 Hz、50 Hz、65 Hz、100Hz、450Hz、1000Hz。
- 用校准标准（或频率标准表和交流电流标准表）分别测出各频率值和 I_N 值。

6.2.2.3 交流电流总谐波畸变率

测试仪的交流电流总谐波畸变率按照以下方法进行校准：

- 按照图1的方式接线，分别设置测试仪交流电流输出为50Hz、 I_N ；
- 用校准标准分别测出交流电流各相的总谐波畸变率；

c) 电流总谐波畸变率 THD_I 按照式 (1) 计算, 结果应满足表2的相关要求。

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (I_h)^2}}{I_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

THD_I ——测试仪输出交流电流总谐波畸变率, %

I_h ——为第h次谐波电流的示值, A

I_1 ——为基波电流 (方均根值), A。

6.2.2.4 交流电流响应时间

测试仪的交流电流响应时间按照以下方法进行校准:

a) 按照图2的方式接线, 测试仪选择自定义程序 (没有自定义程序的测试仪可选择整组程序), 设置交流电流输出为50Hz、 I_{max} , 合闸角为90度, 阻性负载0.5 Ω ;

b) 用校准标准录波, 计算当电流输出至阻性负载上的电流由 I_N 的10%至90% (或由 I_N 的90%至10%) 的时间。

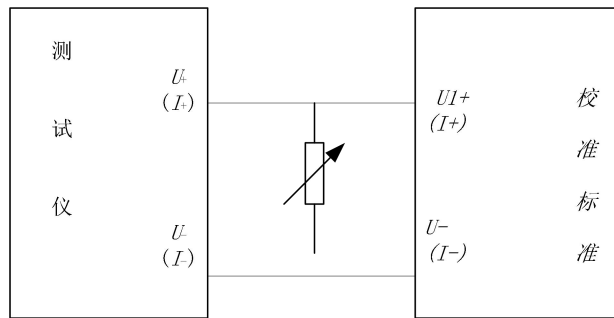


图2 响应时间接线图

6.2.3 交流电压

测试仪的交流电压校准接线如图3所示。

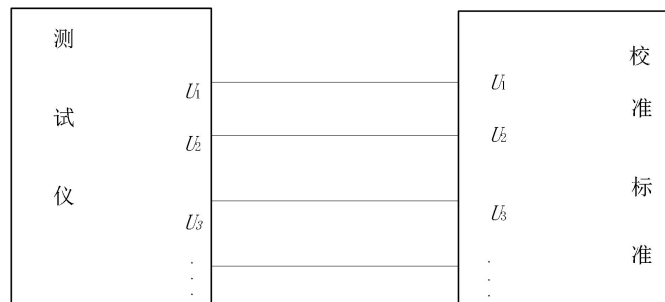


图3 交流电压校准接线图

6.2.3.1 交流电压输出

测试仪的交流电压输出按照以下方法校准：

- a) 按照图3的方式接线，设置测试仪交流电压输出频率为50Hz；
- b) 校准点至少包括 2V、57.74V、120V、 U_{\max} ；
- c) 用校准标准（或交流电压标准表）分别测出各相电压值范围及示值，同时用校准标准（或频率标准表）测试其频率。

6.2.3.2 交流电压频率

测试仪的交流电压输出按照以下方法校准：

- a) 校准接线如图3，分别设置测试仪交流电压输出值为额定值（通常为相电压57.74V）；
- b) 在输出范围内各相均匀选取校准点：10 Hz、50 Hz、65 Hz、100Hz、450Hz、1000Hz；
- c) 用校准标准（或频率标准表和交流电压标准表）分别测出频率值和额定值。

6.2.3.3 交流电压总谐波畸变率

测试仪的交流电压总谐波畸变率按照以下方法校准：

- a) 按照图3的方式接线，分别设置测试仪交流电压输出为50Hz、额定值（通常为相电压57.74V）；
- b) 用校准标准分别测出交流电压各相的总谐波畸变率；
- c) 电压总谐波畸变率 THD_U 按照式（2）进行计算。

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (U_h)^2}}{U_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

THD_U ——测试仪输出交流电压总谐波畸变率，%；

U_h ——第h次谐波电压的示值，V；

U_1 ——基波电压（方均根值），V。

6.2.3.4 交流电压响应时间

测试仪的交流电压响应时间按照以下方法校准：

- a) 按照图3的方式接线，测试仪选择自定义程序（没有自定义程序的测试仪可选择整组程序），设置交流电压输出为50Hz、额定值，合闸角为90度，阻性负载1k Ω ；
- b) 用校准标准录波，计算当电压输出至阻性负载上的电压由峰值的10%至90%（由峰值的90%至10%）的时间；

6.2.4 直流输出

6.2.4.1 基本误差

- a) 按照图4的方式接线，分别设置测试仪直流输出值并均匀选择检测点；
- b) 用校准标准（或数字多用表）分别测出各点的电压、电流值；

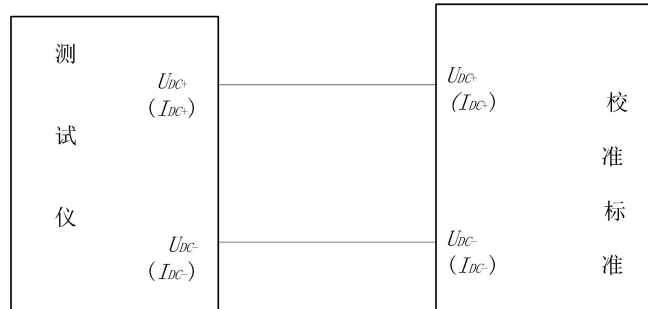


图4 直流输出接线图

6.2.4.2 纹波系数

- a) 校准接线如图4，设置测试仪输出；
- b) 校准标准测出直流中的交流电压含量，按照式（3）计算出纹波系数 WB_U ；

$$WB_U = \frac{U_{AC}}{U_{DC}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

WB_U ——测试仪直流电压纹波系数，用百分数表示；

U_{AC} ——测试仪直流电压中交流电压有效值，V；

U_{DC} ——测试仪直流电压值，V。

- c) 校准标准测出直流中的交流电流含量，按照式（4）计算出纹波系数 WB_I ；

$$WB_I = \frac{I_{AC}}{I_{DC}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

WB_I ——测试仪直流电流纹波系数，用百分数表示；

I_{AC} ——测试仪直流电流中交流电流有效值，A；

I_{DC} ——测试仪直流电流值, A。

6.2.5 功率输出

6.2.5.1 有功功率示值误差

测试仪的有功功率输出示值误差按照以下方法进行校准:

a) 校准接线图5接线, 设置测试仪输出;

b) 设置测试仪输出电压为额定值、电流为 I_N 、功率因数为1.0、0.5L、0.5C, 根据用户的需求, 可以在电压量程和电流量程某些指定组合的情况下进行校准。

连线如图5所示。

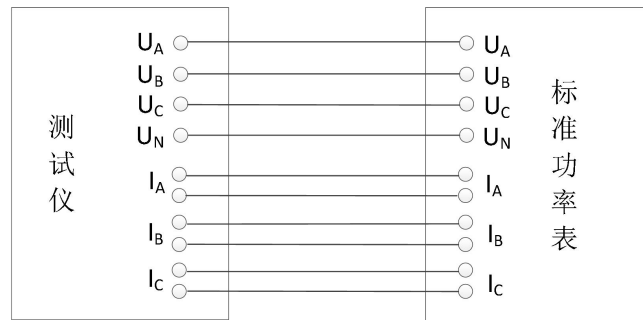


图5 功率校准示意图

设置测试仪输出有功功率, 选择标准功率表相应量程, 分别读取测试仪和标准功率表的示值, 按式(5)计算误差。

$$\gamma_P = \frac{P_x - P_s}{P_m} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

γ_P ——测试仪有功功率输出的引用误差, 用百分数表示;

P_x ——测试仪有功功率输出示值, W;

P_s ——标准功率表的实测值, W;

P_m ——校准点所在量程的量程值, W。

6.2.5.2 无功功率示值误差

按照有功功率校准方法, 用标准无功功率表测量, 按式(6)计算误差。

$$\gamma_Q = \frac{Q_x - Q_s}{Q_m} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

γ_Q ——测试仪无功功率输出的引用误差, 用百分数表示;

Q_x ——测试仪无功功率输出示值, var;

Q_s ——标准无功功率表的实测值, var;

Q_m ——校准点所在量程的量程值, var。

6.2.6 谐波输出

6.2.6.1 交流电流叠加谐波

测试仪的交流电流谐波输出按照以下方法进行校准:

按照图 6 的方式接线, 分别设置测试仪交流电流输出为 50Hz、 I_N , 叠加 2~21 次谐波, 谐波含量为 10%; 用校准标准 (或谐波分析仪) 分别测出交流电流各相的谐波;

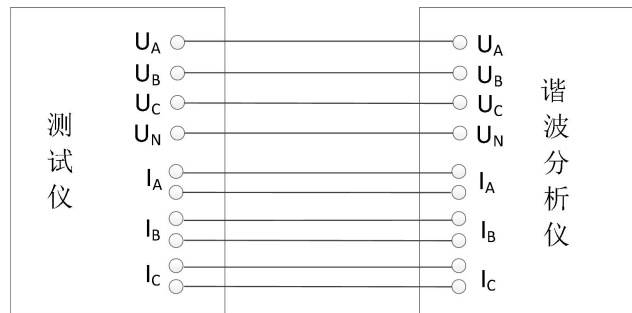


图 6 电流电压谐波校准示意图

按公式 (7) 计算谐波电流误差:

$$\Delta I_h = I_{hx} - I_{hs} \quad (7)$$

式中:

ΔI_h ——谐波电流误差, A;

I_{hx} ——测试仪设定值, A;

I_{hs} ——谐波分析仪实测值, A。

6.2.8.2 交流电压叠加谐波

测试仪的交流电压谐波输出按照以下方法进行校准:

a) 按照图6的方式接线, 分别设置测试仪交流电压输出为50Hz、额定值 (通常为相电

压57.74V)，叠加2~21次谐波，谐波含量为10%；

b) 用校准标准（或谐波分析仪）分别测出交流电流各相的谐波；按公式（8）计算谐波电压误差：

$$\Delta U_h = U_{hx} - U_{hs} \quad (8)$$

式中：

ΔU_h ——谐波电压误差，V；

U_{hx} ——测试仪设定值，V；

U_{hs} ——谐波分析仪实测值，V。

6.2.7 交流电流源与交流电压源的同步性

测试仪的交流电流源与交流电压源的同步性，按照以下方法任选一相校准：

a) 利用测试仪的整组试验程序，设定为三相金属性短路接地故障，故障合闸角为90度；再利用测试仪常规程序设置其同时输出三相对称参比电压和三相对称电流 I_N ；

b) 测试仪输出并用校准标准进行录波，计算分析电流、电压上升50%或下降50%时电流与电压之间的时间差。

6.2.8 交流电流源与交流电压源的相位

6.2.8.1 交流电流与交流电压的相位

测试仪的交流电流与交流电压的相位按照以下方法校准：

a) 按照图1和图3的方式连接电压、电流，设置测试仪任意二相输出为50Hz、 I_N 、参比电压；

b) 固定一个量变动另一量相位，分别设置二者之间相位在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 范围内均匀取点；

c) 用校准标准（或相位标准表）分别测出两相电压（电流）间、同相电压电流之间相位；

6.2.8.2 合闸相位角

合闸相位分别设置为 90° 、 45° 时，结合数字示波器或录波仪用检定标准（或相位标准表）测量实际合闸相位角。

6.2.9 时间测量

选择能进行测量动作时间的功能，测量时间时的变化量应能发生突变，即设置的变量从零或参比值突变到测量动作时间规定的激励量，设置测试仪测量时间的启动和停止的条件。

6.2.9.1 测试仪的时间测量用毫秒仪法，在每个单个时间脉冲设定值下，测量时间间隔。

a) 按照图7的方式接线；

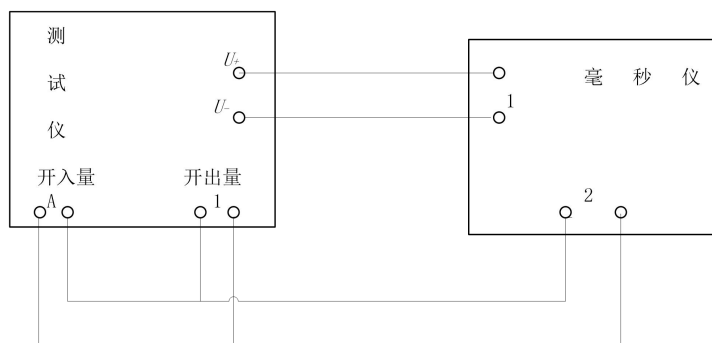


图7 毫秒仪法测量时间接线图

b) 测试仪设置二种试验状态：

第一种状态：输出直流电压为零，交流电压、交流电流均为零，触发条件选择触发方式为“最大输出时间触发”，设置“开关量输出1”为“断开”，状态保持时间为“2s”；

第二种状态：输出直流电压为20V，交流电压、交流电流均为零，选择“开入量翻转触发”条件为“以上一个条件为参考”；

选择触发方式为“开入量翻转触发”，设置“开关量输出1”为“断开”，状态保持时间为“0”；

设置毫秒仪启停方式：选择“1”—电平启表；“2”—空触点闭合停表；

c) 测量开出量的翻转时间和开入量的计时时间，两者之差为开入量的计时误差；

6.2.9.2 使用标准时间间隔发生器检验测量时间

a) 按照图8的方式接线：

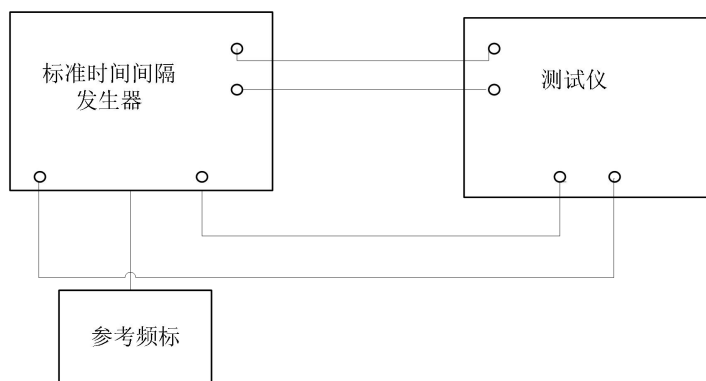


图8 信号发生器测量时间接线图

b) 选择能进行测量动作时间的功能，测量时间时设置的变量应能发生突变，即设置的变量从0或额定值突变到测量动作时间规定的激励量。设置试验装置测量时间的启动和停止的条件。设置试验装置的试验参数。试验装置设定三种试验状态：

1) 第一种状态：输出直流电压为0，交流电压、电流均为零，触发条件选择触发方式为“最大输出时间触发”，最大输出状态时间为1s；

2) 第二种状态：输出直流电压为0，交流电压、电流均为零，选择触发方式为“开入量翻转触发”，开入量输入只选择“A”；

3) 第三种状态：输出直流电压为0，交流电压、电流均为零，选择触发方式为“开入量翻转触发”，开入量输入只选择“A”。设定标准时间间隔发生器输出为单个脉冲宽度，单个脉冲宽度的时间分别为 t_{\min} 和 t_{\max} 。用标准时间间隔发生器或数字存储示波器测量时间间隔。

按公式(9)计算误差：

$$\Delta t = t_x - t_s \quad (9)$$

式中：

Δt ——时间测量误差，ms；

t_x ——测试仪测量值，ms；

t_s ——标准时间间隔，ms。

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) 对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) 如果与校准结果的有效性与应用有关时，应对校准过程中被校对象的设置和操作进行说明；

- 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。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 12 个月。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

A. 1. 交流电压输出的不确定度评定

A. 1. 1 测量方法

按规程规定采用数字多用表（标准表）作为标准器，检校的环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，以测量配电自动化终端测试仪的交流电压 100V ($f=50\text{Hz}$) 点为例。

A. 1. 2 测量模型

设被检配电自动化终端测试仪输出的电压值为 U_x ，标准表上相应的实测值为 U_N ，在标准条件下，温度、湿度、磁场、电源变化等带来的影响可忽略，则被检配电自动化终端测试仪的示值误差可表示为：

$$\Delta = U_x - U_N$$

$$u_c^2 = c_1^2 u(U_x)^2 + c_2^2 u(U_N)^2$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial U_x} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial U_N} = -1$$

A. 1. 3 不确定度分量的评定

A. 1. 3. 1 数字多用表（标准表）的示值误差带来的不确定度 u_1

交流电压为 100V ($f=50\text{Hz}$) 时，数字多用表（标准表）的最大允许误差为 $\pm 0.01\% \times 100\text{V} = \pm 0.01\text{V}$ ，属于均匀分布，则 $u_1 = \frac{0.01\text{V}}{\sqrt{3}} = 5.77\text{mV}$

A. 1. 3. 2 由测量结果的重复性带来的标准不确定度 u_2

调整配电自动化终端测试仪输出 100V ($f=50\text{Hz}$) 的交流电压，用标准表在重复性条件下测量 10 次，测量结果如下(单位 V)：

测量次数	1	2	3	4	5
结果	100.012	100.015	100.019	100.021	100.020
测量次数	6	7	8	9	10
结果	100.028	100.032	100.032	100.013	100.016

计算得： $s=6.57\text{mV}$

在实际校准中，以单次测量结果作为最终结果，故标准不确定度

$$u_2 = s = 6.57 \text{ mV}$$

A. 1. 3. 3 由标准表的分辨力带来的标准不确定度 u_3

标准表在交流电压 100V 时的分辨力为 1mV，设读数变化区间的半宽为分辨力的一半，其概率分布为均匀分布，则其标准不确定度为

$$u_3 = \frac{0.5 \text{ mV}}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ mV}$$

因为由测量结果的重复性带来的标准不确定度 u_2 中包含有标准表的分辨力因素，为了避免重复，取两者中较大者作为不确定的一个分量进行最后合成。

A. 1. 4 标准不确定度一览表

i	标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	测量结果分布	标准不确定度分量值
1	u_1	标准表的示值误差	均匀	5.77 mV
2	u_2	测量结果的重复性	正态	6.57 mV

A. 1. 5 合成标准不确定度

各分量互不相关

$$\text{合成不确定度为 } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{5.77^2 + 6.57^2} = 8.74 \text{ mV}$$

A. 1. 6 扩展不确定度计算

直接取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = k u_c = 2 \times 8.74 \text{ mV} = 0.017 \text{ V}$

$$U_{\text{rel}} = U / 100 \text{ V} \times 100\% \approx 0.02\%$$

A. 1. 7 对使用标准表作为标准器校准配电自动化终端测试仪交流电压功能的完整不确定度评估

对整个测量范围各校准点的测量不确定度评估如下： $(u_2$ 和 u_3 取其中较大者)

校准点 U_x	不确定度分量			u_c	U ($k=2$)	U_{rel} ($k=2$)
	u_1	u_2	u_3			
1V	0.057mV	0.065mV	0.0029mV	0.086mV	0.17mV	0.017%
10V	0.577mV	0.635mV	0.029mV	0.858mV	1.72mV	0.017%
50V	2.89mV	2.96mV	0.029mV	4.14mV	8.28mV	0.017%

JJF (豫) XXX - 2026

100V	5.77mV	6.57mV	0.29mV	8.74mV	17.48mV	0.017%
300V	17.35mV	21.29mV	0.29mV	27.5mV	54.9mV	0.018%

从上表中可以看出，各校准点的扩展不确定度均近似于 0.02%。

则各校准点的不确定度为

测量范围	$U_{rel}(k=2)$
1V~300V	0.02%

附录 B 校准原始记录格式

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号：

委托单位		委托单位地址	
仪器名称		制造单位	
型号/规格		出厂编号	
准确度等级/ 不确定度/ 最大允许误差		唯一性标识	
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	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)
校准结论及说明： 1. 试品测量结果扩展不确定度： 2. 建议下次校准时间为：XXXX 年 XX 月 XX 日之前			

第 页 共 页

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号:

校准结果记录

1、外观检查:

2、通电检查:

3.1、交流电流示值误差: $f=50\text{Hz}$

相 别	输出值 (A)	实测值 (A)	不确定度 ($k=2$)
I_a			
I_b			
I_c			
I_x			
I_y			
I_z			

3.2、交流电流总谐波畸变率 (THD_I):在 50Hz, 5A 下测试: I_a : % I_b : % I_c : %在 50Hz, 5A 下测试: I_x : % I_y : % I_z : %3.3、交流电流频率 I_N : 5A

输出值	实 测 值					
	I_a		I_b		I_c	
(Hz)	(Hz)	(A)	(Hz)	(A)	(Hz)	(A)
10.0						
50.0						
65.0						
100.0						
450.0						
1000.0						

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号:

4.1、交流电压示值误差: $f=50\text{Hz}$

相别	输出值 (V)	实测值 (V)	不确定度 ($k=2$)
U_a			
U_B			
U_C			
U_X			
U_Y			
U_Z			

4.2 交流电压总谐波畸变率 (THD_U):在 50Hz, 57.735V 下测试: U_a : % U_b : % U_c : %在 50Hz, 57.735V 下测试: U_x : % U_y : % U_z : %

4.3、交流电压输出幅频特性:

频率显示值 (Hz)	电压显示值 (V)	电压实测值 (V)	频率实测值 (Hz)
10.000			
50.000			
65.000			
100.000			
450.000			
1000.00			

5. 输出电流和交流电压响应速度:

项 目	交流电流 (50Hz, I_{\max})	交流电压 (50Hz, V)
响应时间		

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号:

6.1、直流电压示值误差

量 程	输 出 值	实 测 值	示 值 误 差	不 确 定 度 ($k=2$)

6.2、直流电压纹波系数 (100V) :

 U_a : % U_b : % U_c : % U_x : % U_y : % U_z : %

7.1、直流电流示值误差

标准表法

量 程	输 出 值	实 测 值	示 值 误 差	不 确 定 度 ($k=2$)

7.2、直流电流纹波系数 (5A) : I_a : % I_b : % I_c : %

8. 有功功率示值误差:

8.1、单相有功功率

量程	功率 因数	输 出 值			实 测 值			示 值 误 差			不 确 定 度 ($k=2$)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号：

8.2、三相四线有功功率

量程	功率因数	输出值	实测值	示值误差	不确定度 ($k=2$)

9、无功功率示值误差

9.1 单相无功功率

量程	$s\ln\varphi$	输出值			实测值			示值误差			不确定度 ($k=2$)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

9.2 三相四线无功功率

量程	$s\ln\varphi$	输出值	实测值	示值误差	不确定度 ($k=2$)

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号:

10.1 谐波电压:

基波电压	谐波次数	谐波含量设定值 (%)	谐波含量 (%)					
			输出值			实测值		
			U_A	U_B	U_C	U_A	U_B	U_C
220V 50Hz	3	5						
	3	10						
	3	20						
	13	5						
	13	10						
	13	20						

10.2 谐波电流:

基波电流	谐波次数	谐波含量设定值 (%)	谐波含量 (%)					
			输出值			实测值		
			I_A	I_B	I_C	I_A	I_B	I_C
10A 50Hz	3	5						
	3	10						
	3	20						
	13	5						
	13	10						
	13	20						

11、交流电流源与交流电压源的同步性:

输出值	实测值		
50Hz、5A、57.735V	I_a-U_a	I_b-U_b	I_c-U_c

配电自动化终端测试仪校准原始记录

证书编号:

12、交流电流源与交流电压源的相位控制

12.1、交流电流与交流电压的相位: $f=50\text{Hz}$, 5A, 57.735V。

输出值 ($^{\circ}$)	实测值 ($^{\circ}$)	示值误差 ($^{\circ}$)	不确定度 ($k=2$) ($^{\circ}$)

12.2 、合闸相位角: $f=50\text{Hz}$, 5A, 57.735V。

输出值($^{\circ}$)	实测值($^{\circ}$)		
	I_a-U_a	I_b-U_b	I_c-U_c

13、时间测量:

输出值 (ms)	实测值 (ms)	示值误差 (ms)	不确定度 ($k=2$)

校准员:

核验员:

校准日期:

年 月 日

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)

注：

1. XXXXX 仅对加盖“XXXXX 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。

校准结果

1、外观检查:

2、通电检查:

3.1、交流电流示值误差: $f=50\text{Hz}$

相 别	输出值 (A)	实测值 (A)	不确定度 ($k=2$)
I_a			
I_b			
I_c			
I_x			
I_y			
I_z			

3.2、交流电流总谐波畸变率 (THD_I):在 50Hz, 5A 下测试: I_a : % I_b : % I_c : %在 50Hz, 5A 下测试: I_x : % I_y : % I_z : %3.3、交流电流频率 I_N : 5A

输出值	实 测 值					
	I_a		I_b		I_c	
(Hz)	(Hz)	(A)	(Hz)	(A)	(Hz)	(A)
10.0						
50.0						
65.0						
100.0						
450.0						
1000.0						

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

4.1、交流电压示值误差： $f=50\text{Hz}$

相别	输出值 (V)	输出相位 (°)	实测值 (V)	不确定度 ($k=2$)
U_a				
U_B				
U_C				
U_X				
U_Y				
U_Z				

4.2 交流电压总谐波畸变率 (THD_U) :

在 50Hz, 57.735V 下测试: U_a : % U_b : % U_c : %

在 50Hz, 57.735V 下测试: U_x : % U_y : % U_z : %

4.3、交流电压输出幅频特性:

频率显示值 (Hz)	电压显示值 (V)	电压实测值 (V)	频率实测值 (Hz)
10.000			
50.000			
65.000			
100.000			
450.000			
1000.00			

5. 输出电流和交流电压响应速度:

项 目	交流电流 (50Hz, I_{\max})	交流电压 (50Hz, V)
响应时间		

校准结果

6.1、直流电压示值误差

量 程	输 出 值	实 测 值	示 值 误 差	不 确 定 度 ($k=2$)

6.2、直流电压纹波系数 (100V) :

U_a : % U_b : % U_c : %

U_x : % U_y : % U_z : %

7.1、直流电流示值误差

标准表法

量 程	输 出 值	实 测 值	示 值 误 差	不 确 定 度 ($k=2$)

7.2、直流电流纹波系数 (5A) : I_a : % I_b : % I_c : %

8. 有功功率示值误差:

8.1、单相有功功率

量 程	功 率 因 数	输 出 值			实 测 值			示 值 误 差			不 确 定 度 ($k=2$)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

8.2、三相四线有功功率

量程	功率因数	输出值	实测值	示值误差	不确定度 ($k=2$)

9、无功功率示值误差

9.1 单相无功功率

量程	$s \ln \varphi$	输出值			实测值			示值误差			不确定度 ($k=2$)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

9.2 三相四线无功功率

量程	$s \ln \varphi$	输出值	实测值	示值误差	不确定度 ($k=2$)

校准结果

10.1 谐波电压:

基波电压	谐波次数	谐波含量设定值 (%)	谐波含量 (%)					
			输出值			实测值		
			U_A	U_B	U_C	U_A	U_B	U_C
220V 50Hz	3	5						
	3	10						
	3	20						
	13	5						
	13	10						
	13	20						

10.2 谐波电流:

基波电流	谐波次数	谐波含量设定值 (%)	谐波含量 (%)					
			输出值			实测值		
			I_A	I_B	I_C	I_A	I_B	I_C
10A 50Hz	3	5						
	3	10						
	3	20						
	13	5						
	13	10						
	13	20						

11、交流电流源与交流电压源的同步性:

输出值	实测值		
50Hz、5A、57.735V	I_a-U_a	I_b-U_b	I_c-U_c

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

证书编号:

12、交流电流源与交流电压源的相位控制

12.1、交流电流与交流电压的相位: $f=50\text{Hz}$, 5A, 57.735V。

输出值 ($^{\circ}$)	实测值 ($^{\circ}$)	示值误差 ($^{\circ}$)	不确定度 ($k=2$) ($^{\circ}$)

12.2、合闸相位角: $f=50\text{Hz}$, 5A, 57.735V。

输出值($^{\circ}$)	实测值($^{\circ}$)		
	I_a-U_a	I_b-U_b	I_c-U_c

13、时间测量:

输出值 (ms)	实测值 (ms)	示值误差 (ms)	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“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。

校准员:

核验员:

第 X 页 共 X 页