

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—202X

继电保护测试仪自动检测装置校准规范

Calibration specification for automatic detection device of relaying  
protection testers

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家能源局 发布



## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 技术要求 .....	1
4.1 准确度等级 .....	1
4.2 基本误差 .....	1
4.3 性能指标 .....	2
5 校准条件 .....	4
5.1 环境条件 .....	4
5.2 测量标准 .....	4
6 校准项目和校准方法 .....	4
6.1 校准项目 .....	4
6.2 校准方法 .....	5
7 校准结果表达 .....	12
7.1 校准结果的内容 .....	12
7.2 测量结果中的不确定度 .....	12
7.3 测量结果的误差 .....	12
7.4 校准原始记录格式 .....	12
8 复校时间间隔 .....	12
附录 A (资料性) 继电保护测试仪自动检测装置说明 .....	13
附录 B (规范性) 测量不确定度评定 .....	14
附录 C (资料性) 原始记录格式 .....	17

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国度量继电器和保护设备标准化技术委员会(SAC/TC154)归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

## 引 言

继电保护测试仪自动检测装置是专门用于校准继电保护测试仪的综合设备,可以校准交流电压(流)幅值、直流电压(流)幅值、相位、频率、谐波畸变率、开关量的时间等,具有自动校准、自动生成测试报告、标注超差数据等功能。

与使用传统组合设备手动校准相比,继电保护测试仪自动检测装置大大缩短了校准时间,在计量机构已有广泛应用。CNAS 认可的实验室要求标准器有其认可机构的溯源报告,继电保护测试仪自动检测装置需溯源的项目包括电压、电流、频率、相位、时间、谐波畸变率等,由于没有专用的校准规范,需要依据多个标准进行校准。

鉴于此,确有必要建立继电保护测试仪自动检测装置的校准规范,以适应继电保护测试仪自动检测装置的应用需要。



# 继电保护测试仪自动检测装置校准规范

## 1 范围

本文件规定了继电保护测试仪自动检测装置（以下简称“自动检测装置”）的技术要求、校准条件、校准项目和方法以及结果表达、不确定度评定方法等。

本文件适用于继电保护测试仪自动检测装置的校准，继电保护测试仪的其他检测装置可参考本文件相关规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示
- DL/T 624 继电保护微机型试验装置技术条件
- DL/T 1153—2012 继电保护测试仪校准规范
- JJF 1001—2011 通用计量术语及定义技术规范
- JJF 1059.1 测量不确定度评定与表述
- JJF 1667—2017 工频谐波测量仪器校准规范
- NB/T 10444—2020 继电保护自动测试通用接口技术规范

## 3 术语和定义

JJF 1001—2011界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**继电保护测试仪自动检测装置** Automatic detection device of microcomputer relay protection testers

用于对模拟量式继电保护测试仪、数模一体式继电保护测试仪模拟量部分的功能和性能进行自动检测的装置。

## 4 技术要求

### 4.1 准确度等级

自动检测装置分为两个级别：0.02级和0.05级。

### 4.2 基本误差

交流电压、直流电压、交流电流、直流电流、相位、频率、直流电阻、开入量时间的绝对误差均用公式（1）计算，相对误差均用公式（2）计算：

$$\Delta = P_X - P_N \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\Delta$ ——被校装置的绝对误差；  
 $P_N$ ——被校装置的显示值；  
 $P_N$ ——标准源的输出标准值。

$$\gamma = \frac{\Delta}{P_N} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\gamma$ ——被校装置的相对误差；  
 $\Delta$ ——被校装置的绝对误差；  
 $P_N$ ——标准源的输出标准值。

开出量时间的绝对误差用公式（3）表示，相对误差用公式（4）表示：

$$\Delta = T_X - T_N \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\Delta$ ——被校装置的绝对误差；  
 $T_N$ ——被校装置的设定输出值；  
 $T_N$ ——标准表的显示值。

$$\gamma = \frac{\Delta}{T_X} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\gamma$ ——被校装置的相对误差；  
 $\Delta$ ——被校装置的绝对误差；  
 $T_X$ ——被校装置的设定输出值。

### 4.3 性能指标

自动检测装置是对继电保护测试仪的各项电气参数进行检测（校准）的装置，自动检测装置说明见附录A。对应功能的不确定度不应大于被校继电保护测试仪的相应功能最大允许误差绝对值的1/3。

自动检测装置的交流电流基本误差应符合表1的要求。

表1 交流电流基本误差

频率范围 Hz	基本误差					
	0.05级			0.02级		
	频率 Hz	电流		频率 Hz	电流	
		$I \leq 0.1A$	$0.1A < I \leq I_{max}$		$I \leq 0.1A$	$0.1A < I \leq I_{max}$
50	$\pm 0.0002$	$\pm 0.2 \text{ mA}$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.0002$	$\pm 0.1 \text{ mA}$	$\pm 0.02\%$
$10 \leq f \leq 65$	$\pm 0.0002$		$\pm 0.1\%$	$\pm 0.0002$		$\pm 0.05\%$
$65 < f \leq 450$	$\pm 0.002$		$\pm 0.1\%$	$\pm 0.002$		$\pm 0.05\%$
$450 < f \leq 1000$	$\pm 0.004$		$\pm 0.2\%$	$\pm 0.004$		$\pm 0.1\%$

自动检测装置的交流电压基本误差应符合表2的要求。

表2 交流电压基本误差

频率范围 Hz	基本误差					
	0.05级			0.02级		
	频率 Hz	电压		频率 Hz	电压	
		$U \leq 2\text{ V}$	$2\text{ V} < U \leq U_{\text{max}}$		$U \leq 2\text{ V}$	$2\text{ V} < U \leq U_{\text{max}}$
50	$\pm 0.0002$	$\pm 1\text{ mV}$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.0002$	$\pm 0.5\text{ mV}$	$\pm 0.02\%$
$10 \leq f \leq 65$	$\pm 0.0002$		$\pm 0.1\%$	$\pm 0.0002$		$\pm 0.05\%$
$65 < f \leq 450$	$\pm 0.002$		$\pm 0.1\%$	$\pm 0.002$		$\pm 0.05\%$
$450 < f \leq 1000$	$\pm 0.004$		$\pm 0.2\%$	$\pm 0.004$		$\pm 0.1\%$

自动检测装置的相位基本误差应符合表3的要求。

表3 相位基本误差

相位范围	基本误差	
	0.05级	0.02级
$0^\circ \sim 360^\circ$	$\pm 0.05^\circ$	$\pm 0.02^\circ$

自动检测装置的其他性能基本误差应符合表4的要求。

表4 其他性能基本误差

功能	范围	基本误差
直流电流	$0.1\text{ A} < I \leq I_{\text{max}}$	$\pm 0.05\%$
直流电压	$1\text{ V} < U \leq U_{\text{max}}$	$\pm 0.05\%$
时间测量	$1\text{ ms} < t \leq 1\text{ s}$	$\pm 0.2\text{ ms}$
	$1\text{ s} < t \leq 9\,999.999\text{ s}$	$\pm 0.02\%$
电流响应时间	—	$\pm 5\ \mu\text{ s}$
电压响应时间	—	$\pm 5\ \mu\text{ s}$
同步性	—	$\pm 2\ \mu\text{ s}$
谐波电压	$\geq 1\% U_h$	$\pm 5\% U_h$
	$< 1\% U_h$	$\pm 0.05\% U_h$
谐波电流	$\geq 3\% I_h$	$\pm 5\% I_h$
	$< 3\% I_h$	$\pm 0.15\% I_h$
合闸角	—	$\pm 0.1^\circ$

注： $U_h$ 为标称电压， $I_h$ 为标称电流， $U_h$ 为谐波电压， $I_h$ 为谐波电流。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

环境条件要求如下：

- a) 环境温度：20 ℃±2 ℃；
- b) 相对湿度：45%~75%；
- c) 大气压力：86 kPa~106 kPa；
- d) 交流供电电压：220 V±5%，波形正弦波，总谐波失真系数≤5%；
- e) 交流供电频率：50 Hz±1 Hz。

### 5.2 测量标准

#### 5.2.1 校准标准器

校准时所需的标准器及配套设备如下：

- a) 交流电压源；
- b) 交流电流源；
- c) 标准源（包括标准交流电压源、标准交流电流源、标准谐波源、标准电阻器）；
- d) 标准表；
- e) 时间间隔测量仪；
- f) 标准时间间隔发生器；
- g) 参考频标；
- h) 示波器；
- i) 功率源。

#### 5.2.2 标准器的要求

校准标准器的要求如下：

- a) 校准标准器不确定度不应大于被校自动检测装置的相应功能最大允许误差绝对值的 1/3；如果被校自动检测装置准确度为 0.02%，标准器的扩展不确定度可放宽为被校自动检测装置的 1/2。
- b) 校准标准器的稳定性不应影响被校自动检测装置的可靠性，并应考虑标准器的负载特性及温度系数对校准结果的影响；
- c) 校准标准器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 校准项目

自动检测装置的校准项目见表5。

表5 校准项目

序号	校准项目	校准方法条款	首次校准	定期校准
1	外观及通电检查	6.2.1	√	√
2	交流电压示值	6.2.3	√	√
3	交流电流示值	6.2.4	√	√
4	直流电压示值	6.2.5	√	√

序号	校准项目	校准方法条款	首次校准	定期校准
5	直流电流示值	6.2.6	√	√
6	相位示值	6.2.7	√	√
7	开关量时间示值	6.2.8	√	√
8	交流谐波的示值	6.2.9	√	—
9	交流电压响应时间	6.2.10	√	—
10	交流电流响应时间	6.2.11	√	—
11	直流电阻示值	6.2.12	√	—
12	交流电压频率示值	6.2.13	√	√
13	交流电流频率示值	6.2.14	√	√
14	交流电压与交流电流的同步性示值	6.2.15	√	—
15	合闸角的示值	6.2.16	√	—

注：√表示必做；—表示不做。

## 6.2 校准方法

### 6.2.1 外观及通电检查

#### 6.2.1.1 外观检查

被校自动检测装置外形结构良好，外露件等不应损坏或脱落，机壳应无影响工作的机械碰伤；配备专用的接地端子，各端子、开关无破损；产品面板或铭牌上标注产品名称、产品型号、出厂编号、测量范围、准确度等级等内容。

#### 6.2.1.2 通电检查

显示面板正常，功能按钮按键正常，并按照使用说明书的要求和规定进行预热。

### 6.2.2 交流电压的示值

#### 6.2.2.1 标准源法

在测量范围内均匀选取不少于5个电压校准点，一般可选取2 V、10 V、30 V、50 V、100 V、120 V。根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图1所示。

设标准源的输出标准值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

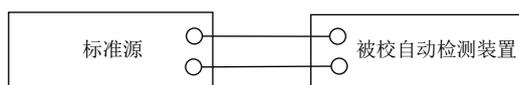


图1 标准源法示意图

### 6.2.2.2 标准表法

调节交流电压源的输出电压值使标准表的示值（或校准值）为校准点，记录被校自动检测装置的示值，校准点选取见6.2.2.1。仪器连接如图2所示。

设标准表的示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

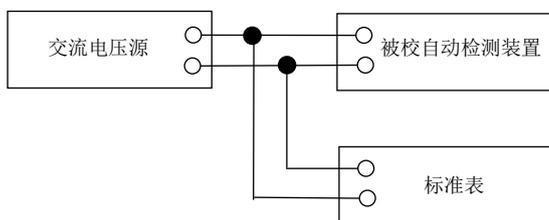


图2 标准表法示意图

### 6.2.3 交流电流的示值

#### 6.2.3.1 标准源法

通常选取50 Hz作为校准频率点，在测量范围内均匀选取不少于5个电流校准点，一般可选取0.2 A、0.5 A、0.8 A、1 A、3 A、5 A，其他校准点的选取应考虑最大量程点以及上下量程的衔接点和中间点。根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图1所示。

设标准源的输出标准值为 $P_N$ ，被校装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

#### 6.2.3.2 标准表法

调节交流电流源的输出电流值使标准表的示值（或校准值）为校准点，记录被校自动检测装置的示值，校准点选取见6.2.3.1。仪器连接如图3所示。

设标准表的示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

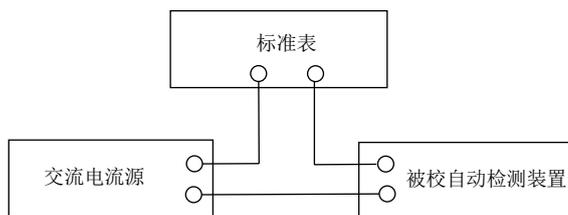


图3 标准表法测交流电流

### 6.2.4 直流电压的示值

#### 6.2.4.1 标准源法

在测量范围内选取不少于5个校准点，一般可选取5 V、30 V、90 V、150 V、200 V、250 V等，根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图1所示。

被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

### 6.2.4.2 标准表法

调节直流电压源的输出电压值使标准表的示值（或校准值）为校准点，记录被校自动检测装置的示值，校准点选取见6.2.4.1。仪器连接如图4所示。

设标准表的示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_x$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

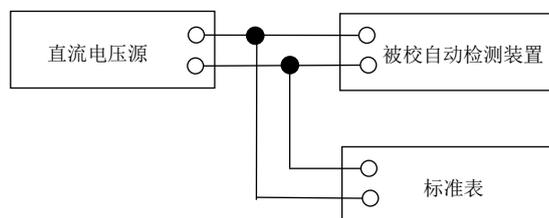


图4 标准表法测直流电压

### 6.2.5 直流电流的示值

#### 6.2.5.1 标准源法

在测量范围内均匀选取不少于5个电流校准点，一般可选取0.2 A、0.5 A、1 A、5 A、10 A、15 A。根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图1所示。

设标准源的输出标准值为 $P_N$ ，被校装置的示值为 $P_x$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

#### 6.2.5.2 标准表法

调节直流电流源的输出电流值使标准表的示值（或校准值）为校准点，记录被校自动检测装置的示值，校准点选取见6.2.5.1。仪器连接如图5所示。

设标准表的示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_x$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

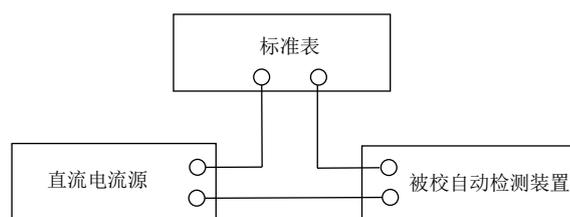


图5 标准表法测直流电流

### 6.2.6 相位的示值

#### 6.2.6.1 标准源法

电压之间的相位以A相电压为基准，改变其他相电压的相位。电压和电流相位的测量，以电压为基准，改变电流的相位。可设定电压为60 V，电流为5 A，改变标准源的相位，记录自动检测装置的测量值。相位校准点可选取 $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ，选取50 Hz作为校准频率点。根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图6所示。

设标准源的输出标准值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式(1)计算。

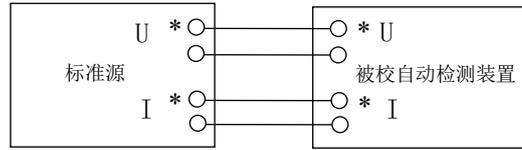


图6 标准源法测相位

### 6.2.6.2 标准表法

调节交流源的输出相位值使标准表的示值（或校准值）为校准点，记录被校自动检测装置的示值，校准点选取见6.2.6.1。仪器连接如图7所示。

设标准表的示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式(1)计算。

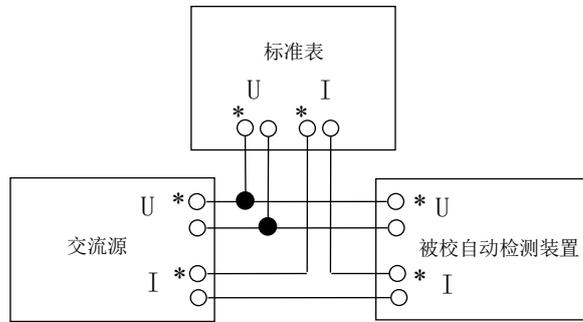


图7 标准表法测相位

### 6.2.7 开关量时间的示值

#### 6.2.7.1 开出量时间的示值

被校自动检测装置设置开出量输出时间，时间间隔测试仪的功能设置为“时间间隔测量”，调整启动和停止通道的触发电平皆为2.5V，触发电平设置为正脉宽或负脉宽，测量脉冲宽度值，测点可选取1 ms、1 s、4 s、20 s、最大值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图8所示。

设时间间隔测试仪的显示值为 $T_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $T_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式(3)计算，相对误差按公式(4)计算。



图8 开出量时间

#### 6.2.7.2 开入量时间的示值

标准时间间隔发生器输出脉冲宽度信号，被校自动检测装置测量开入量时间，测点可选取1 ms、1 s、4 s、20 s、最大值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图9所示。

设标准时间间隔发生器的输出值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的显示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

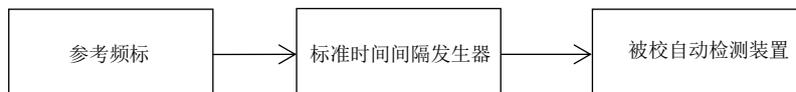


图9 开入量时间

### 6.2.8 交流谐波的示值

按照JJF 1667—2017中7.2.4规定的方法测量各次谐波含量。基波频率设置为50 Hz，基波电压可设置为60 V、120 V，基波电流可设置为1 A、5 A等。谐波次数及谐波含有率按照表6设置。总谐波畸变率按照JJF 1667—2017中A.7规定的方法计算。设定的谐波次数不应超过厂家提供的最高次数，电压、电流不应超过厂家规定的最高输入值。仪器连接如图10所示。

各次谐波含量、总谐波畸变率的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

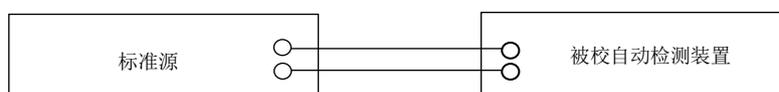


图10 交流谐波含量

表6 谐波校准点推荐表

	谐波含有率/%	谐波次数
谐波电压	1	选择不少于15个谐波次数，其中2、3、5、7、最高次必检
	0.5, 8	选择不少于7个谐波次数，其中2、3、5、7、最高次必检
谐波电流	3	选择不少于15个谐波次数，其中2、3、5、7、最高次必检
	1, 20	选择不少于7个谐波次数，其中2、3、5、7、最高次必检

### 6.2.9 交流电压响应时间示值

功率源按照DL/T 624要求的交流电压响应时间的检测方法设置输出，分别测量被校自动检测装置和示波器波形图上电压幅值由10%上升到90%的时间。仪器连接如图11所示。

设示波器的示值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算。

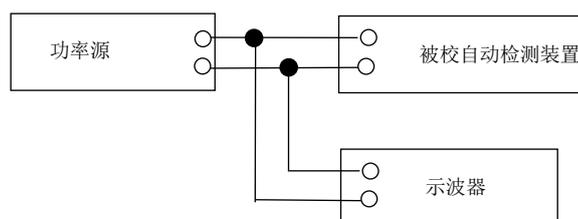


图11 交流电压响应时间

### 6.2.10 交流电流响应时间的示值

功率源按照DL/T 624要求的交流电流响应时间的检测方法设置输出，分别测量被校自动检测装置和示波器波形图上电流幅值由10%上升到90%的时间，电流传感器幅值精度不低于0.05%，响应时间不高于被校自动检测装置的1/3。仪器连接如图12所示。

设示波器的示值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算。

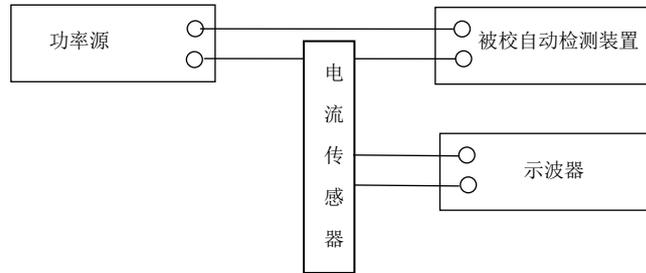


图12 交流电流响应时间

### 6.2.11 直流电阻的示值

在测量范围内均匀选取不少于3个电阻校准点，记录标准表的示值。仪器连接如图13所示。

设标准表示值为 $P_N$ ，被校自动检测装置电阻的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算，相对误差按公式（2）计算。

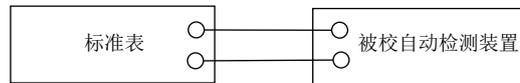


图13 直流电阻

### 6.2.12 交流电压频率的示值

#### 6.2.12.1 标准源法

在测量范围内均匀选取不少于5个电压频率校准点，频率点可选取为45 Hz、50 Hz、65 Hz、100 Hz、450 Hz、800 Hz、1 000 Hz。根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图1所示。

设标准源的输出标准值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算。

#### 6.2.12.2 标准表法

调节交流电压源的输出电压值使标准表的示值（或校准值）为校准点，校准点选取见6.2.12.1，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图2所示。

设标准表的频率示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的频率示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算。

### 6.2.13 交流电流频率的示值

#### 6.2.13.1 标准源法

在测量范围内均匀选取不少于5个电流频率校准点，可选择45 Hz、50 Hz、65 Hz、100 Hz、450 Hz、800 Hz、1 000 Hz。根据校准点设定标准源的输出值，记录被校自动检测装置的示值。仪器连接如图1所示。

设标准源的输出标准值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算。

#### 6.2.13.2 标准表法

在测量范围内均匀选取不少于5个电流频率校准点，可选择45 Hz、50 Hz、65 Hz、100 Hz、450 Hz、800 Hz、1 000 Hz。根据校准点设定交流电流源的频率输出值，记录标准表的频率示值和被校自动检测装置的频率示值。仪器连接如图3所示。

设标准表的示值（或校准值）为 $P_N$ ，被校自动检测装置的频率示值为 $P_X$ ，被校自动检测装置的绝对误差按公式（1）计算。

#### 6.2.14 交流电压与交流电流的同步性示值

功率源按照DL/T 624要求的继电保护测试仪交流电压与交流电流同步性的方法设置输出。按照DL/T 1153—2012中6.11规定的方法，计算分析电压由设定值下降到50%和电流由零上升到50%的时间差。仪器连接如图14所示。

示波器与自动检测装置的时间误差按公式（1）计算。

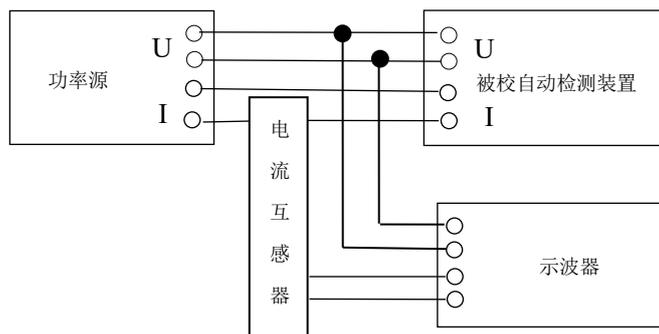


图14 交流电压与交流电流的同步性

#### 6.2.15 合闸角的示值

功率源按照DL/T 624要求的继电保护测试仪合闸角的检验方法设置输出，仪器连接如图14所示。按照DL/T 1153—2012中6.9规定的方法测试合闸角，合闸角的设定值可选择 $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ，电压与电流相位设定为 $0^\circ$ ，合闸时的电压、电流波形如图15所示，合闸角按公式（5）计算：

$$\varphi = (20 - x)/20 \times 360^\circ \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$\varphi$ ——合闸相位角；

$x$ ——示波器记录第一个波形的时间，ms。

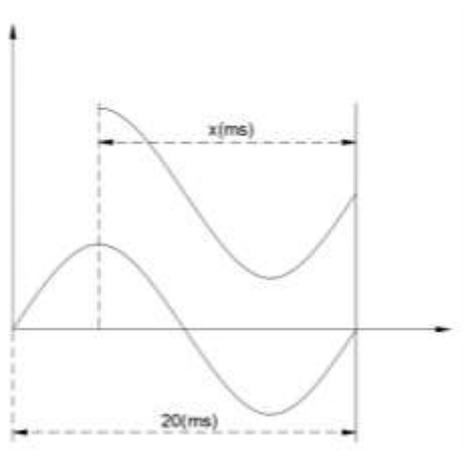


图15 合闸时的电压、电流波形

被校自动检测装置与示波器分别测量功率源的合闸角示值，设示波器的示值为 $P_N$ ，被校自动检测装置的示值为 $P_x$ ，被校自动检测装置与示波器的合闸角绝对误差按公式（1）计算。

## 7 校准结果表达

### 7.1 校准结果的内容

校准结果的内容应包括被校量的测量数据和不确定度。

### 7.2 测量结果中的不确定度

测量结果中的不确定度是描述对应绝对误差的不确定度，一般用扩展不确定度 $U(k=2)$ 来表示，当用户要求用 $U_0$ 来表示，可按GB/T 27418—2017的规定来评定，测量不确定的有效位数为1~2位。测量不确定度评定见附录B。

### 7.3 测量结果的误差

测量结果的误差可用绝对误差或相对误差表示，应修约到与不确定度一致，根据需要可以比不确定度的位数多一位。

### 7.4 校准原始记录格式

自动检测装置的校准原始记录格式见附录C。

## 8 复校时间间隔

使用中的自动检测装置应进行定期校准，间隔时间宜为1年。

## 附录 A

(资料性)

### 继电保护测试仪自动检测装置说明

#### A.1 继电保护测试仪自动检测装置

继电保护测试仪自动检测装置是用于对继电保护测试仪的功能和性能进行自动检测的装置，具有全自动检测和半自动检测功能。

全自动检测功能是计算机安装自动测试软件，计算机、继电保护测试仪自动检测装置和继电保护测试仪以太网连接。自动测试软件控制继电保护测试仪输出规定的电气量，控制自动检测装置选择相关功能测试模块进行测试，读取自动检测装置返回的测试结果数据，并在用户界面显示。软件在用户界面显示实际测试结果并插入报告模板，最终生成一份完整的测试报告。软件应主动切换到需要测量值的量程。

半自动检测功能是计算机安装自动测试软件，计算机和继电保护测试仪自动检测装置以太网连接。自动测试软件提示测试人员手动控制继电保护测试仪输出电气量，手动控制测试软件选择相关功能测试模块进行测试。软件读取自动检测装置返回的测试结果数据，在用户界面显示，并把实际测试结果插入报告模板中，最终生成一份完整的测试报告。软件应主动切换到需要测量值的量程。

用户可自定义测试点、测试项目、测试通道、报告抬头和报告模板格式。

自动测试需要继电保护测试仪自动检测装置与继电保护测试仪的接口规范一致，参见NB/T 10444—2020执行。

#### A.2 继电保护测试仪自动检测装置的测量功能

继电保护测试仪自动检测装置具备以下基本测量功能：

- a) 交（直）流电流、电压的幅值；
- b) 交（直）流电流、电压的相位；
- c) 交流电流、电压的频率；
- d) 交流电流、电压的幅频特性；
- e) 交流电流、电压输出的各次谐波含量及总谐波畸变率；
- f) 交（直）流电流、电压输出功率；
- g) 交流电流、电压负载稳定性；
- h) 交流电流、电压输出时间稳定性；
- i) 交（直）流电流、电压响应速度；
- j) 三相电源对称性；
- k) 交流电流、电压的同步性；
- l) 交流电流与电压的合闸角；
- m) 开出量、开入量时间。

**附 录 B**  
**(规范性)**  
**测量不确定度评定**

**B.1 概述**

温度：20℃±2℃；

相对湿度：45%~75%；

测量标准：标准源；

被测对象：继电保护测试仪自动检测装置；

测量方法：以直流电压为例，用标准源输出直流电压，记录被校继电保护测试仪自动检测装置示值。

**B.2 测量模型**

设  $V_N$  为标准源的输出标准值， $V_X$  为被校继电保护测试仪自动检测装置的示值，由使用说明书可知，对于标准源和继电保护测试仪自动检测装置，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = V_X - V_N \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$\Delta$  ——被校继电保护测试仪自动检测装置的绝对误差；

$V_X$  ——被校继电保护测试仪自动检测装置的示值；

$V_N$  ——标准源的输出标准值。

**B.3 标准不确定度评定**

根据测量模型，被校继电保护测试仪自动检测装置绝对误差的测量不确定度取决于输入量  $V_X$ 、 $V_N$  的不确定度。

**B.3.1 标准不确定度  $u(V_X)$  的评定**

输入量  $V_X$  的标准不确定度主要由被检表的分辨力、环境干扰等因素使电压示值测量不重复引起的，可用 A 类不确定度评定。

被校继电保护测试仪自动检测装置电压的满量程 75%~95% 处一个点，用一台标准源在重复条件下输出，连续独立测量  $n$  次（一般  $n$  取 10），获得一组测量值  $V_{Xi}$  ( $i=1, 2, 3, 4, \dots, n$ )（如  $i=10$ ，则有  $V_{11}, V_{12}, V_{13}, \dots, V_{110}$  共 10 个测量值），然后求出  $u(V_X)$ ，其过程如下：

a) 取平均值  $\bar{V}$ ，见式(B.2)：

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{Xi} \dots\dots\dots (B.2)$$

b) 用贝塞尔公式求出实验标准差  $S(V_X)$ ，见式(B.3)：

$$S(V_X) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (V_{Xi} - \bar{V})^2} \dots\dots\dots (B.3)$$

c) 以实验标准偏差  $S(V_X)$  表示标准不确定度  $u(V_X)$ ，见式(B.4)：

$$u(V_X) = S(V_X) \dots\dots\dots (B.4)$$

### B.3.2 标准不确定度 $u(V_N)$ 的评定

主要是标准器的不准引起的测量不确定度，可用 B 类不确定度评定，最常用的 B 类不确定度评定方法有以下两种：

a) 标准源经过校准，可从校准报告（或校准证书）中获得标准不确定度  $u(V_N)$ ，一般校准报告的结果给出的是扩展不确定度； $U$  及包含因子  $k$  或  $U_p$  及包含因子  $k_p$ ，此时标准不确定度的评定方法见式 B.5 或式 B.6：

$$u(V_N) = \frac{U}{k} \dots\dots\dots (B.5)$$

$$u(V_N) = \frac{U_p}{k_p} \dots\dots\dots (B.6)$$

b) 标准源经过上一级量值传递合格，由生产商的技术说明书给出的准确度等级或最大允许误差，从而可得出  $V_N$  分布区间的半宽度  $a$ ，一般可以认为在区间  $[-a, a]$  服从均匀分布，此时的标准不确定度评定方法见式(B.7)：

$$u(V_N) = \frac{a}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (B.7)$$

其他标准不确定度的 B 类不确定度评定方法可参照 JJF 1059.1 有关条款。

## B.4 合成标准不确定度

### B.4.1 灵敏系数

测量模型  $\Delta$  见式(B.1)，灵敏系数  $C_X$  见式(B.8)，灵敏系数  $C_N$  见式(B.9)：

$$C_X = \frac{\partial \Delta}{\partial V_X} = 1 \dots\dots\dots (B.8)$$

$$C_N = \frac{\partial \Delta}{\partial V_N} = -1 \dots\dots\dots (B.9)$$

### B.4.2 标准不确定度汇总表

标准不确定度汇总表见表 B.1。

表B.1 标准不确定度汇总表

输入量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数
$V_X$	被校装置示值测量重复性	$u(V_X)$	1
$V_N$	标准源的绝对误差	$u(V_N)$	-1

### B.4.3 合成标准不确定度的计算

输入量  $V_X$  和  $V_N$  相互独立，因此合成标准不确定度可按式(B.10)得到：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{[C_X u(V_X)]^2 + [C_N u(V_N)]^2} \dots\dots\dots (B.10)$$

## B.5 扩展不确定度的评定

通常取包含因子  $k=2$ ，扩展不确定度  $U$  的表达式见式(B.11)：

$$U=k \cdot u_c(\Delta) \quad (k=2) \dots\dots\dots (B. 11)$$

## B. 6 测量不确定度的报告与表示

被校继电保护测试仪自动检测装置的被校各功能的绝对误差测量结果的不确定度用扩展不确定度  $U$  表示，见式 (B. 12)，其有效位数取 1~2 位。

$$U=k \cdot u_c(\Delta) \quad (k=2) \dots\dots\dots (B. 12)$$

附 录 C  
(资料性)  
原始记录格式

继电保护测试仪自动检测装置校准原始记录如表C.1所示。

表C.1 继电保护测试仪自动检测装置校准原始记录

继电保护测试仪自动检测装置校准原始记录			
被校装置			
委托单位		型号	
制造厂家		出厂编号	
校准使用的标准器			
名称/编号		出厂编号	
证书编号		有效期至	
不确定度/准确度等级/最大允许误差			
本次校准所依据的技术规程(名称,代号)			
校准条件			
环境温度(°C)		交流供电电压(V)	
环境湿度(%)		交流供电频率(Hz)	
校准人		审核人	

校准结果记录格式如表C.2所示。

表C.2 校准结果记录格式

1. 交流电流校准									
1.1 交流电流幅值									
I <sub>A</sub>	交流输出值(A)	0.2	0.5	0.8	1	3	5	10	15
	交流显示值(A)								
	误差								
I <sub>B</sub>	交流输出值(A)	0.2	0.5	0.8	1	3	5	10	15
	交流显示值(A)								
	误差								
I <sub>C</sub>	交流输出值(A)	0.2	0.5	0.8	1	3	5	10	15
	交流显示值(A)								
	误差								
1.2 交流电流频率									
电流输出值(A)		5A							
I <sub>A</sub>	频率输出值(Hz)	45	50	65	100	450	800	1 000	
	频率显示值(Hz)								
	频率误差(mHz)								
I <sub>B</sub>	频率输出值(Hz)	30	65	100	250	450	800	1 000	

	频率显示值 (Hz)							
	频率误差 (mHz)							
I <sub>c</sub>	频率输出值 (Hz)	30	65	100	250	450	800	1 000
	频率显示值 (Hz)							
	频率误差 (mHz)							

1.3 交流电流响应时间

电流设置 (A)			频率设置 (Hz)		
	A 相		B 相		C 相
上升时间 (μs)					
下降时间 (μs)					

1.4 交流电流谐波叠加

	I <sub>A</sub>		I <sub>B</sub>		I <sub>C</sub>	
	电流 (A)	误差%	电流 (A)	误差%	电流 (A)	误差%
基波						
2 次						
3 次						
4 次						
5 次						
6 次						
7 次						
8 次						
9 次						
10 次						
11 次						
12 次						
13 次						
14 次						
15 次						
16 次						
17 次						
18 次						
19 次						
20 次						
21 次						
总谐波畸变率						

2. 交流电压源校准

2.1 交流电压幅值

U <sub>A</sub>	交流输出值 (V)	2	10	30	50	100	120
	交流显示值 (V)						
	误差						
U <sub>B</sub>	交流输出值 (A)	2	10	30	50	100	120

	交流显示值(A)						
	误差						
U <sub>c</sub>	交流输出值(A)	2	10	30	50	100	120
	交流显示值(A)						
	误差						

## 2.2 交流电压频率

电压输出值 (V)		57.74 V						
U <sub>A</sub>	频率输出值(Hz)	45	50	65	100	450	800	1 000
	频率显示值(Hz)							
	频率误差(mHz)							
U <sub>B</sub>	频率输出值(Hz)	30	65	100	250	450	800	1 000
	频率显示值(Hz)							
	频率误差(mHz)							
U <sub>C</sub>	频率输出值(Hz)	30	65	100	250	450	800	1 000
	频率显示值(Hz)							
	频率误差(mHz)							

## 2.3 交流电压响应时间

电压设置 (A)		频率设置 (Hz)	
	A 相	B 相	C 相
上升时间 (μs)			
下降时间 (μs)			

## 2.4 交流电压谐波叠加

	U <sub>A</sub>		U <sub>B</sub>		U <sub>C</sub>	
	电压 (V)	误差%	电压 (V)	误差%	电压 (V)	误差%
基波						
2 次						
3 次						
4 次						
5 次						
6 次						
7 次						
8 次						
9 次						
10 次						
11 次						
12 次						
13 次						
14 次						
15 次						
16 次						
17 次						
18 次						

19 次						
20 次						
21 次						
总谐波畸变率						

3. 相位校准

相位角输出值 (°)		0	30	60	90	180	270
Φ <sub>A</sub> (°)	相位显示值 (°)						
	相位偏差 (°)						
Φ <sub>B</sub> (°)	相位显示值 (°)						
	相位偏差 (°)						
Φ <sub>C</sub> (°)	相位显示值 (°)						
	相位偏差 (°)						

4. 同步性校准

通道	同步时间 (μS)
A 相	
B 相	
C 相	

5. 合闸角

合闸角输出值 (°)		0	30	60	90	180	270
Φ <sub>A</sub> (°)	合闸角显示值 (°)						
	合闸角偏差 (°)						
Φ <sub>B</sub> (°)	合闸角显示值 (°)						
	合闸角偏差 (°)						
Φ <sub>C</sub> (°)	合闸角显示值 (°)						
	合闸角偏差 (°)						

6. 时间校准

6.1 开出量时间校准

测试方式		开关量通道选择				开入 A
通道 1	试验装置计时性能校准 A					
	输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
误差						
测试方式		开关量通道选择				开入 B
通道 2	试验装置计时性能校准 B					
	输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
显示时间 3 (S)						

	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
	误差					
	测试方式			开关量通道选择		开入 C
通道 3	试验装置计时性能校准 C					
	输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
	误差					
	测试方式			开关量通道选择		开入 D
通道 4	试验装置计时性能校准 D					
	输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
	误差					

## 6.2 开入量时间校准

	测试方式			开关量通道选择		开入 A
通道 1	自动检测装置计时性能校准 A					
	标准输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
	误差					
	测试方式			开关量通道选择		开入 B
通道 2	自动检测装置计时性能校准 B					
	标准输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					

	平均值 (S)					
	误差					
测试方式					开关量通道选择	开入 C
通道 3	自动检测装置计时性能校准 C					
	标准输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
	误差					
测试方式					开关量通道选择	开入 D
通道 4	自动检测装置计时性能校准 D					
	标准输出时间输出 (S)	0.001	1	4	20	
	显示时间 1 (S)					
	显示时间 2 (S)					
	显示时间 3 (S)					
	显示时间 4 (S)					
	显示时间 5 (S)					
	平均值 (S)					
	误差					

7. 直流电压校准

U <sub>A</sub>	直流电压输出值 (V)	5	30	90	150	200	250
	直流电压显示值 (V)						
	误差						
U <sub>B</sub>	直流电压输出值 (V)	5	30	90	150	200	250
	直流电压显示值 (V)						
	误差						
U <sub>C</sub>	直流电压输出值 (V)	5	30	90	150	200	250
	直流电压显示值 (V)						
	误差						
U <sub>Z</sub>	直流电压输出值 (V)	5	30	90	150	200	250
	直流电压显示值 (V)						
	误差						
U <sub>DC</sub>	直流电压输出值 (V)	5	30	90	150	200	250
	直流电压显示值 (V)						
	误差						

8. 直流电流校准

I <sub>A</sub>	直流电流输出值 (A)	0.2	0.5	1	5	10	15
	直流电流显示值 (A)						
	误差						
I <sub>B</sub>	直流电流输出值 (A)	0.2	0.5	1	5	10	15

	直流电流显示值 (A)						
	误差						
I <sub>c</sub>	直流电流输出值 (A)	0.2	0.5	1	5	10	15
	直流电流显示值 (A)						
	误差						
<b>9. 直流电阻校准</b>							
R	直流电阻 (Ω)	100		250		300	
	电阻显示值 (Ω)						
	误差						