

福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1069—2015

电压互感器现场校验仪校准规范

Calibration Specification for Voltage Transformers Field Calibrator

2015-03-01 发布

2015-05-01 实施

福建省质量技术监督局 发布

电压互感器现场校验仪 校准规范

Calibration Specification for Voltage
Transformers Field Calibrator

JJF (闽) 1069—2015

本规范经福建省质量技术监督局于 2015 年 3 月 1 日批准发布，并自 2015 年 5 月 1 日起施行。

归口单位：福建省质量技术监督局

主要起草单位：福建省计量科学研究院

参加起草单位：厦门红相电力设备股份有限公司

本规范委托起草单位负责解释。

本规范主要起草人：

王榕模 (福建省计量科学研究院)

张杰梁 (福建省计量科学研究院)

陈丹英 (福建省计量科学研究院)

参加起草人：

陈耀高 (厦门红相电力设备股份有限公司)

林玉涵 (厦门红相电力设备股份有限公司)

目 录

1	范围.....	1
2	引用文献.....	1
3	概述.....	1
4	计量特性.....	1
4.1	基本误差	1
4.2	变比测量误差	2
4.3	测量重复性	1
4.4	负荷变化测量的一致性	2
4.5	电气安全性能	2
5	校准条件.....	2
5.1	环境条件	2
5.2	校准用主要设备	2
6	校准项目和校准方法.....	3
6.1	准备工作	3
6.2	基本误差校准	3
6.3	重复性测量试验	5
6.4	负荷一致性试验	5
7	校准结果的处理.....	5
8	校准结果表达.....	5
9	复校时间间隔.....	6
	附录 A 电压互感器现场校验仪校准结果不确定度分析.....	7
	附录 B 电压互感器现场校验仪原始记录.....	10
	附录 C 校准证书内页格式.....	12

电压互感器现场校验仪校准规范

1 范围

本规范适用于采用低校高法和负荷误差曲线外推法的电磁式电压互感器现场校验仪（以下简称校验仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJG 169-2010 互感器校验仪检定规程

JJG 1021-2007 电力互感器检定规程

JJG 314-2010 电压互感器检定规程

使用本规范时，应注意使用上述引用文件的现行有效版本。

3 概述

校验仪是用于现场校验电压互感器的测量仪器。校验仪工作原理一般是基于低校高法或负荷误差曲线外推法，利用数字信号处理技术获取电压、差压等参数，从而将信号进行同相和正交的分隔，得出被检电压互感器的比值差和相位差。

低校高法校验仪测量电压互感器是根据低电压参考点的误差以及一次励磁电流的变化曲线，计算高压电压互感器的比值差和相位差。

负荷误差曲线外推法校验仪测量电压互感器是通过测量低电压下负荷与电压的对应关系，并算出误差补偿值，然后再推算出 100% 和 120% 额定电压和相应负荷下的比值差和相位差。

4 计量特性

4.1 基本误差

环境温度 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%，环境电磁干扰和机械振动可忽略时，各准确度等级的绝对误差不得超过表 1 的限值。

表 1 校验仪的误差限值

准确度 级 别	比值误差 (±)					相位误差 (±)						
	倍率 因数	额定电压百分值					倍率 因数	额定电压百分值				
		20	50	80	100	120		20	50	80	100	120
0.05	%	0.100	0.075	0.050	0.050	0.050	()	4.0	3.0	2.0	2.0	2.0
0.02		0.040	0.030	0.020	0.020	0.020		1.2	0.9	0.6	0.6	0.6

4.2 变比测量误差

变比测量误差以相对误差表示，变比测量的最大允许误差应不超过 $\pm 0.5\%$ 。

4.3 测量重复性

校验仪的测量重复性用实验标准差表征，由试验确定的实验标准差不应超过误差限值的 $1/5$ 。

4.4 负荷变化测量的一致性

负荷变化测量的一致性采用比较法进行，校验仪不同负荷测量的基本误差应符合 4.1 规定。

4.5 电气安全性能

4.5.1 绝缘电阻

在非工作状态下，校验仪的电源端子对机壳的金属部分在 500V 直流电压下的绝缘电阻值不应小于 $20M\Omega$ 。

4.5.2 耐压试验

校验仪的电源端子对机壳的金属部分在交流电压 50Hz、2.5kV，保持 1min 不应出现击穿或飞弧现象。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度： $10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度：不大于 80%。

5.1.3 应无影响校验仪正常工作的外电磁场。

5.2 校准用主要设备

5.2.1 标准电压互感器

标准电压互感器的准确度应高于被校两个准确度等级且具备较好稳定性和带载能力，以克服接线等带来的影响。

标准电压互感器必须具备连续、有效的检定或校准证书，且周期变化量应小于其误

差限值的 1/5；负荷一致性试验用标准电压互感器的误差变化量验证周期最长不超过 3 个月。

整个校准装置的测量不确定度应不大于校验仪允许误差限的 1/3，校准测量/输出值范围应能分别覆盖校验仪的输出值/测量范围。

5.2.2 耐电压测试仪

工作电压应不小于 2500V，准确度等级不应低于 5.0 级。

5.2.3 绝缘电阻表

直流电压 500V，准确度等级不应低于 10.0 级。

6 校准项目和校准方法

6.1 准备工作

6.1.1 外观和通电检查

6.1.1.1 通过目测和触摸检查，校验仪外表不能有影响工作性能的机械损伤，校验仪上应标有产品名称、型号、生产厂家（商标）、出厂编号及保证其正确使用的标志。

6.1.1.2 按说明书规定接通电源，经过 15min 预热后，应能正常工作。

6.1.2 耐压绝缘试验

6.1.2.1 绝缘电阻的测量

将绝缘电阻表的 L、E 测量端分别与校验仪的工作电源端子和外壳相连接。

6.1.2.2 耐压试验

将耐压测试仪的漏电保护动作电流置于 5mA，两测试端分别与校验仪的工作电源端子和外壳相连接。调节试验电压平稳上升到 2.5kV，历时 1min 试验。

6.2 基本误差校准

校准接线图如图 1 所示。

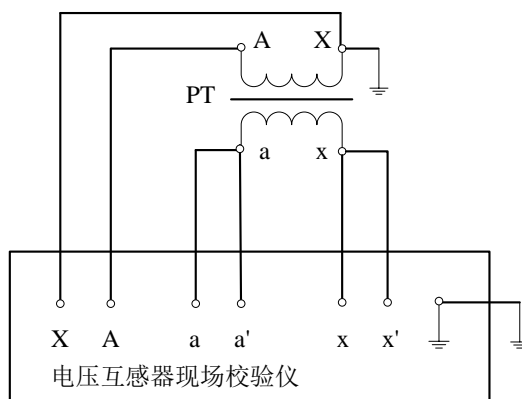


图 1 低校高法校验仪校准接线图

将标准电压互感器作为被检电压互感器，校验仪按使用要求接线，进行基本误差测试，从校验仪上读取电压互感器的比值差和相位差，通过下式换算成校验仪的基本误差。

6.2.1 比值差 f_x

$$f_x = -f_0 + f_p \quad (1)$$

式中： f_0 —— 校验仪所测量到的比值差；

f_p —— 标准电压互感器在相应校准点的比值差；

f_x —— 校验仪的比值差。

6.2.2 相位差 δ_x

$$\delta_x = -\delta_0 + \delta_p \quad (2)$$

式中： δ_0 —— 校验仪所测量到的相位差；

δ_p —— 标准电压互感器在相应校准点的相位差；

δ_x —— 校验仪的相位差。

6.2.3 变比测量误差 ε

变比的示值相对误差 ε 表示形式为：

$$\varepsilon = \frac{K_x - K_0}{K_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中： K_x —— 校验仪测量显示的变比。

K_0 —— 互感器的实际变比。

6.3 重复性试验 S

选择某一变比，在 100% 额定电压点，用校验仪对标准电压互感器进行不少于 5 次的重复测量，按下式计算实验标准差。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \quad (4)$$

式中： γ_i —— 第 i 次测量时未修约的基本误差。

$\bar{\gamma}$ —— 各次基本误差 γ_i 的平均值。

6.4 负荷一致性试验

采用二次负荷范围较宽的标准电压互感器，选择不少于 5 个点进行试验。试验点包括额定负荷和下限负荷，且应均匀分布在校验仪负荷范围内。100%额定电压点的试验结果应满足式 5 和式 6 要求。

$$|f_{\max} - f_{\min}| \leq f \quad (5)$$

$$|\delta_{\max} - \delta_{\min}| \leq \delta \quad (6)$$

式中， f_{\max} 和 δ_{\max} 分别为不同负荷下校验仪误差最大值， f_{\min} 和 δ_{\min} 分别为不同负荷下校验仪误差最小值， f 和 δ 为表 1 校验仪的误差限值。

7 校准结果的处理

基本误差的修约间距按下表规定，基本误差应修约为修约间隔的整数倍。

表 2 校验仪的误差修约间隔

准确度等级		0.05 级	0.02 级
修约间隔	比值差 (%)	0.005	0.002
	相位差 (′)	0.2	0.05
	变比误差 (%)	0.05	

8 校准结果表达

经校准的校验仪出具校准证书，校准证书应包括以下信息：

- a) 标题：校准证书；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）
- d) 校准证书编号，页码及总页数；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校仪器名称、制造厂、型号规格及出厂编号；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准依据、包括名称及代号；
- i) 校准所使用的计量标准及有效期；
- j) 校准时环境的描述；
- k) 校准项目的校准结果及其测量不确定度；
- l) 校准证书签发人的签名、核验人的签名、批准人的签名以及签发日期；

n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;

m) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

校验仪的复校时间间隔根据使用的具体情况确定, 一般情况下不超过 1 年。

附录 A

电压互感器现场校验仪
校准结果不确定度分析

A.1 概述

A.1.1 测量环境：温度 10℃~35℃，相对湿度不大于 80%。

A.1.2 测量标准：标准电压互感器，实际误差不超过被校电压互感器现场校验仪的 1/5，测量范围 10000V/100V，额定负荷 0.2VA，功率因数 1.0。

A.1.3 被测对象：0.05 级电压互感器现场校验仪。

A.1.4 测量方法：将标准器和被测电压互感器现场校验仪在相同额定变比的条件下，采用间接比对法进行测量。

A.2 数学模型

比值差：

$$f_x = -f_0 + f_p \quad (\text{A.1})$$

式中：

f_0 ——校验仪所测量到的比值差；

f_p ——标准电压互感器在相应校准点的比值差；

f_x ——校验仪的比值差。

相位差：

$$\delta_x = -\delta_0 + \delta_p \quad (\text{A.2})$$

式中： δ_0 ——校验仪所测量到的相位差；

δ_p ——标准电压互感器在相应校准点的相位差；

δ_x ——校验仪的相位差。

A.3 标准不确定度分量的评定

A.3.1 重复性引入的不确定度

表 A.1

次数	比值差 (%)	次数	比值差 (%)
1	+0.004	6	+0.006
2	+0.003	7	+0.009
3	+0.008	8	+0.006
4	+0.002	9	+0.005
5	+0.005	10	+0.008

表 A.2

次数	相位差(')	次数	相位差(')
1	+0.29	6	+0.18
2	+0.17	7	+0.27
3	+0.18	8	+0.24
4	+0.28	9	+0.33
5	+0.37	10	+0.18

用标准电压互感器，在10000V/100V档、100%额定电压点时，在重复条件下进行10次独立测量得到测量列（每次测量均重新接线），见表A.1和表A.2。

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \quad (\text{A.3})$$

可得： $u_1(f_x)=0.0023\%$ ， $u_1(\delta_x)=0.07'$ 。

A.3.2 标准器引入的不确定度

标准器引入的误差不大于被校基本误差限值的1/5，标准器引入的不确定度按均匀分布估计为：

$$u_2(f_x)=0.01\%/\sqrt{3}=0.0058\%， \quad u_2(\delta_x)=0.4'/\sqrt{3}=0.23'。$$

A.3.3 负载响应能力引入的不确定度

当负载响应时电压互感器现场校验仪输出信号的变化根据实际情况的合理性，确定为误差限值的1/10，按正态分布估计为：

$$u_3(f_x)=0.005\%/3=0.0017\%， \quad u_3(\delta_x)=0.2'/3=0.07'$$

A.3.4 上级标准的传递误差引入的不确定度

使用0.002级双级电压互感器来检定本次校准使用的标准器，传递误差引入的不确定度按均匀分布估计为：

$$u_4(f_x)=0.002\%/\sqrt{3}=0.0012\%， \quad u_4(\delta_x)=0.069'/\sqrt{3}=0.04'$$

A.3.5 电压互感器现场校验仪误差修约引入的不确定度

0.05级电压互感器现场校验仪比值差的修约间隔为0.005%，分散区间的半宽为0.0025%；相位差的修约间隔为0.2'，分散区间的半宽为0.1'。误差修约引入的不确定度按均匀分布估计为：

$$u_5(f_x)=0.0025\%/\sqrt{3}=0.0014\%， \quad u_5(\delta_x)=0.1'/\sqrt{3}=0.06'$$

A.4 不确定度分量一览表

比值差和相位差的不确定度分量分别见表 A.3、表 A.4。

表 A.3

序号	来源	符号	u_i
1	重复性	$u_1(f_x)$	0.0023%
2	标准器	$u_2(f_x)$	0.0058%
3	负载响应能力	$u_3(f_x)$	0.0017%
4	上级标准的传递误差	$u_4(f_x)$	0.0012%
5	电压互感器现场 校验仪误差修约	$u_5(f_x)$	0.0014%

表 A.4

序号	来源	符号	u_i
1	重复性	$u_1(\delta_x)$	0.07'
2	标准器	$u_2(\delta_x)$	0.23'
3	负载响应能力	$u_3(\delta_x)$	0.07'
4	上级标准的传递误差	$u_4(\delta_x)$	0.04'
5	电压互感器现场 校验仪误差修约	$u_5(\delta_x)$	0.06'

A.5 合成标准不确定度

$$\begin{aligned}
 \text{比值差: } u_{c1} &= \sqrt{u_1^2(f_x) + u_2^2(f_x) + u_3^2(f_x) + u_4^2(f_x) + u_5^2(f_x)} \\
 &= \sqrt{0.0023^2 + 0.0058^2 + 0.0017^2 + 0.0012^2 + 0.0014^2} \\
 &= 0.0067\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{相位差: } u_{c2} &= \sqrt{u_1^2(\delta_x) + u_2^2(\delta_x) + u_3^2(\delta_x) + u_4^2(\delta_x) + u_5^2(\delta_x)} \\
 &= \sqrt{0.07^2 + 0.23^2 + 0.07^2 + 0.04^2 + 0.06^2} \\
 &= 0.26'
 \end{aligned}$$

A.6 扩展不确定度

在 10000V/100V 档、100% 额定电压时的扩展不确定度:

比值差: $U=0.013\%$, $k=2$; 相位差: $U=0.5'$, $k=2$ 。

附录 B

校准原始记录格式
电压互感器现场校验仪原始记录

委托单位					记录编号	
样品	名称			型号规格		测量范围
	制造厂			出厂编号		准确度
标准器	名称	型号规格	出厂编号	证书号	技术特征	
技术依据					温 度	℃
校准地点					相对湿度	%

校准结果:

外观和通电检查:							
绝缘电阻:				耐压试验:			
基本误差:							
量限 (V/V)	误差	额定电压百分值					二次负荷
		20%	50%	80%	100%	120%	
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=
	比值差 (%)						VA
	相位差 (′)						cosφ=

校准原始记录格式 (续)
电压互感器现场校验仪原始记录

委托单位				记录编号		
变比测量误差:						
标准值	显示值	误差(%)	标准值	显示值	误差(%)	
重复性测量试验:						
次数	实测值					
	比值差 (%)			相位差 (')		
负荷一致性试验:						
量限 (V/V)	误差	额定电压百分值			二次负荷	
		50%	80%	100%		
	比值差 (%)				VA	
	相位差 (')				$\cos\varphi=$	
	比值差 (%)				VA	
	相位差 (')				$\cos\varphi=$	
	比值差 (%)				VA	
	相位差 (')				$\cos\varphi=$	
	比值差 (%)				VA	
	相位差 (')				$\cos\varphi=$	
	比值差 (%)				VA	
	相位差 (')				$\cos\varphi=$	
本次测量结果的扩展不确定度:						

附录 C

校准证书内页格式

本次校准所使用的主要计量标准器具			
名称	测量范围	不确定度/或准确度等级 /或最大允许误差	证书编号
校准地点			
环境条件	温度: ℃	相对湿度: %	其他:
本次校准所依据的技术规范(代号、名称):			

校准数据/结果:

一、外观及通电检查: _____

二、绝缘电阻: _____

三、耐压试验: _____

四、基本误差:

量限 (V/V)	误差	额定电压百分值					二次负荷
		20%	50%	80%	100%	120%	
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=
	比值差(%)						VA
	相位差(′)						cosφ=

校准证书内页格式

五、变比测量误差：

标准值	显示值	标准值	显示值

六、重复性试验：

 S 比值差 _____ S 相位差 _____

七、负荷一致性试验：_____

本次测量结果的扩展不确定度：
