

# 电压互感器基本误差能力验证结果分析

孙文宝 燕琦 刘博 任雪玲

(甘肃电器科学研究院)

**摘要:** 电压互感器基本误差测量(比值差和相位差)是电压互感器极为重要的校准项目,为了验证对该项目的校准能力,确保计量性能的准确、一致和可靠,参加由CNAS能力验证的提供者(PTP)广东省计量研究院的电压互感器的能力验证,并对能力验证的结果以及测量不确定度进行分析。

**关键词:** 计量学; 电压互感器; 能力验证; 测量不确定度

## 1 电压互感器校准的原理

电压互感器是一种用于测量高电压的电器设备,它主要用于将高电压信号转换成低电压信号,以便于测量和监测,主要用于测量和监测、继电保护和自动控制、电能计量和电力仪器中。

此次参加能力验证的被测样品是准确度等级为0.2级,电压比值为10000/100电压互感器,被校准的电压互感器的额定变比是1,用比较法<sup>[1]</sup>进行校准,使用电压互感器低电位端测量<sup>[2]</sup>原理图如图1所示,校准时要分别完成一次回路、二次差压回路、二次回路负载<sup>[3]</sup>和互感器校验仪工作电压回路的接线,最后这三个回路要分别进行接地。0.2级的电压互感器每个测量点只需要测量电压上升时的误差,此次能力验证只需要校准额定电压100%点。

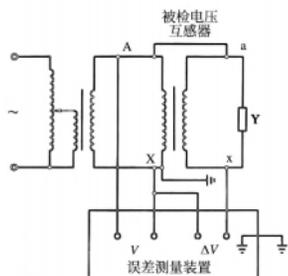


图1 电压互感器低电位端测量原理图

## 2 参加能力验证电压互感器样品的描述及稳定性考核

本次能力验证校准的样品是广州四会互感器厂有限公司的0.2级电压互感器,为防止能力验证物品在运输过程中损坏,保证其计量性能不受影响,测量审核主导实验室互感器运输箱采用双层包装,外层为纸质,内层为仪器箱,以快递方式进行能力验证物品的传递,采用环式传递方式<sup>[4]</sup>。

在计划开始前,测量审核组织实施机构对能力验证物品进行稳定性<sup>[5]</sup>考核试验,以确定所选能力验证物品符合能力验证开展的要求。在计划实施过程中,通过对能力验证物品的多次试验监控其稳定性,以评估其对最终能力评定结果的影响,在计划实施前,每隔一段时间对备选能力验证物品进行1次校准,连续进行3次,并计算每个校准点电压互感器基本误差测量结果的最大变化量。比值差变化量小于0.006%,相位差变化量小于0.33',则认为物品稳定性符合要求,可以用作本次计划的能力验证物品,前期稳定性考核的数据见表1。

**表 1 电压互感器前期稳定性试验数据**

测量 10000V/100V 25VA, cos φ=0.8		首次 测量	静置 5天	静置 10天	最大 变化量	U (k=2)	是否符合 稳定性要求
100%U <sub>n</sub>	比值 (100%)	-0.077	-0.078	-0.077	0.001	0.02	符合要求
	相位差 (°)	-3.04	-3.04	-3.06	0.02	1	符合要求

在能力验证物品传递试验前，计划组织实施机构对其基本误差进行校准。在能力验证物品的传递试验中，通过分析参加实验室提交的测量结果来监控能力验证物品的稳定性<sup>[6]</sup>，试验数据如表 2 所示。参加实验室试验全部结束后，对返回计划组织实施机构的能力验证物品进行复测，并计算每个校准点电压互感器基本误差测量结果的最大变化量，都在符合要求的范围内。

**表 2 电压互感器传递过程中稳定性试验数据**

测量 10000V/100V 25VA, cos φ=0.8		发送前	发送后	变化量	U (k=2)	是否符合 稳定性要求
100%U <sub>n</sub>	比值 (100%)	-0.077	-0.077	0.000	0.02	符合要求
	相位差 (°)	-3.04	-3.05	0.01	1	符合要求

**表 3 本试验室电压互感器测量数据**

名称	测量范围	准确度等级	证书编号	有效期
自升压精密电压互感器	6kV/100V、6/√3kV/100√3V、 6/√3kV/100/3V、10kV/100V、 10/√3kV/100/√3V、10/√3kV/100/3V	0.01 级	D 字 202402013N 号	2026/02/26
电压互感器负载箱	(2.5~80) VA	3 级	D 字 202402013N 号	2025/02/26
互感器校验仪	f: (±0.0001%~±19.99%) δ: (±0.001'~±999.9')	2 级	D 字 202402014N 号	2025/02/26
测量点		基本误差		扩展不确定度 (k=2)
量限 (V)	二次负荷	额定电压百分数	比值差 (%)	相位差 (°)
10000/100	25 VA, cosφ=0.8	100%	-0.08	-3
			比值差 (%)	相位差 (°)
			0.03	2

### 3 电压互感器测量数据以及评价方法

实验室收到样品后依据 JJG 314—2010《测量用电压互感器》国家计量检定规程第 5.3.5 条对样品基本误差（比值差、相位差）进行校准，校准前，对电压互感器的绝缘电阻进行测量，绝缘良好，检查标准器互感器检定装置及配套设备，技术参数见表 3，试验结果按照数字修约<sup>[7]</sup>规则进行修约。对于参加实验室提交的能力验证结果，主导实验室将按照式（1）对 E<sub>n</sub> 值进行评价，E<sub>n</sub> 值大小不能表示参加实验室结果与主导实验室指定值的接近程度<sup>[8]</sup>，它只表明其结果是否符合参加实验室报告的测量不确定度。E<sub>n</sub> ≤ 1，则参加实验室结果为“满意” E<sub>n</sub> > 1，则参加实验室结果为“不满意”<sup>[9]</sup>。

$$E_n = \frac{X_{LAB} - X_{REF}}{\sqrt{U_{LAB}^2 + U_{REF}^2}} \quad (1)$$

式中，X<sub>LAB</sub> 为参加实验室给出的测量值；X<sub>REF</sub> 为指定值；U<sub>LAB</sub> 为参加实验室的不确定度；U<sub>REF</sub> 为指定值的测量不确定度。

组织能力验证的主导实验室对每个参加实验的值进行分析，给出技术分析和建议，对结果进行评价汇总，给出各参加试验室的结果图示，结果图示以指定值和各实验室的测量结果为纵坐标，参考实验室和参

加实验室的代码为横坐标，上下延伸线表示指定值和各参加实验室测量结果的扩展测量不确定度。比值差的测量结果和相位差的测量结果如图 2 所示。

### 4 电压互感器测量值的不确定度分析

对电压互感器比值差和相位差测量结果均进行不确定度<sup>[10]</sup>分析，测量标准为 0.01 级的电压互感器，变比为 10kV /100V。被测对象准确度为 0.2 级电压互感器，准确度为 0.2 级，变比为 10/0.1kV，建立数学

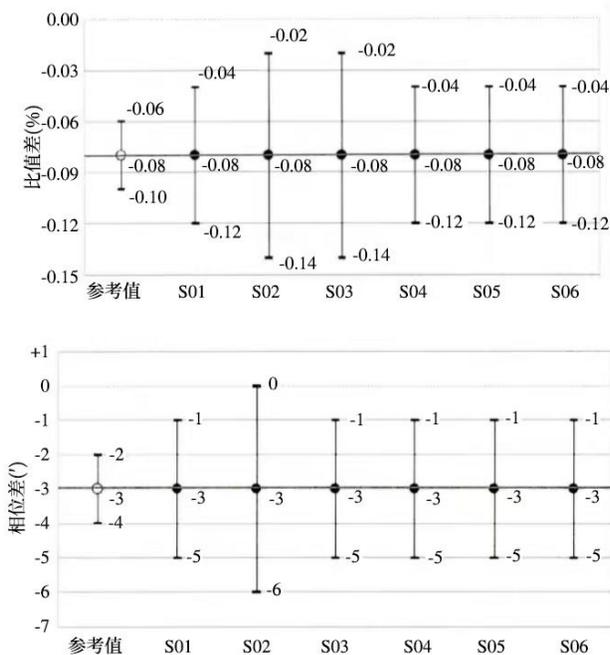


图2 基本误差100% $U_N$ 测量点比值差和相位差测量结果

模型，确定方差与灵敏度系数，不确定分量来源主要有标准互感器准确度、互感器校验仪准确度、二次负荷准确度、数字修约的准确度、重复性的准确度等引入的不确定度分量。对其进行合成扩展（包含因子 $k=2$ ），得出比值差的不确定度为0.03%，相位差的不确定度为2'。

### 5 结束语

能力验证作为重要的外部质量评价活动，是质量控制的一种重要方式。通过对电压互感器能力验证的结果分析，更有助于保证校准电压互感器的质量，也证明参加实验室在人员、环境、方法、设备几个方面的符合性，间接地证明了实验室校准电压互感器的能力。

### 参考文献

- [1] JJG314—2010 电压互感器检定规程 [S]. 北京：中国标准出版社，2010.
- [2] 刘昱，姜春阳. 0.02级220 kV标准电压互感器自校准方法应用研究 [J]. 山东电力技术，2020，47（3）：25-28，34.
- [3] 赵斯，林勇. 互感器误差及伏安特性测试仪的基本误差功能的校准 [J]. 科学技术与创新，2020（27）：152-153.
- [4] GB51/T2170—2016 组织实验室间比对 [S]. 四川省质量技术监督局，2016.
- [5] 李宗亮. 实验室能力验证中的测试样品均匀性和稳定性检验方法探讨 [J]. 电子质量，2018（7）：87-89.
- [6] CNAS/GL03：2006 能力验证样品均匀性和稳定性评价指南 [S].
- [7] 赵斯衍，董小龙. 互感器误差及伏安特性测试仪电流基本误差的量值溯源 [J]. 工程技术研究，2020，5（22）：100-102.
- [8] 赵威，刘浩. 测量用电压互感器校准能力验证结果分析 [J]. 电气技术与经济，2022（5）：43-45，48.
- [9] 王强，李文绮，张铁英. 电流互感器比值误差的比对实施及结果分析 [J]. 中国检验检测，2023，31（3）：58-60.
- [10] 谢卫彬. 测量用电压互感器校准能力验证结果分析 [J]. 仪器仪表标准化与计量，2023（5）：41-45.

（收稿日期：2024-11-01）