

「互感器」

10 kV电子式电压互感器试验分析及探究

文/许继集团有限公司 鄧娇娇 吴小钊 王 坤 刘高锋 董 同

集测量、计量及保护于一体的电子式电压互感器研究对于配网自动化水平及建设智能电网颇具意义，电子式电压互感器的精度是考核其性能的重要指标。针对电容分压式和电阻分压式配网用10 kV电子式电压互感器，在常温、高低温循环条件下，采用比对法则，进行准确度测试，并对相关结果进行分析与探究。

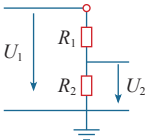
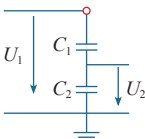
传感技术是配网自动化建设的重要一环，而互感器是电力系统中的基础设备之一，其主要功能是将一次侧的高电压/大电流转换为二次侧的低电压/小电流，提供给测量、计量和保护装置，用于监测电网运行状态、计量电能和保护等，其性能的优良对配电网自动化建设具有极其重要的意义，其测量准确度及可靠性对电力系统的安全、稳定和经济地运行有着重要的影响。精度是互感器性能评价的一个重要参数，因此，以两种不同

实现原理的10 kV电子式电压互感器为代表，进行准确度试验，并对比分析其精度。此外，温度是影响电压传感器精度的一个极其重要因素，因此，也对高低温循环条件下的准确度进行试验。

实现原理

目前用于配网的10 kV电子式电压互感器，大多采用电阻分压式或电容分压式原理来实现，其原理图及方案特点如表1所示。

表1 电子式电压互感器原理图及方案特点

原理图	优点	缺点
 <p>电阻分压式 电子式电压互感器</p>	<p>a. 无铁心，不会引发铁磁谐振 b. 精度高、测量范围宽、线性度好 c. 受环境影响小（屏蔽处理后） d. 二次侧短路不会产生大电流 e. 体积小、重量轻、功耗低</p>	<p>a. 相位差受传输线长度影响 b. 投运后会降低系统对地的绝缘电阻</p>
 <p>电容分压式 电子式电压互感器</p>	<p>a. 无铁心 b. 成本较传统TV低 c. 低功耗 d. 体积更小，重量轻 e. 绝缘性能好</p>	<p>a. 电容参数特性变化引起精度偏差 b. 较易受环境影响</p>

电阻分压式电子式电压互感器主要由电阻分压器、传输系统和信号处理单元组成。可输出三相相电压信号和零序电压信号，经复合屏蔽双绞线传输到馈线终端。其二次输出端与一次高压输出端的关系为

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1$$

式中， R_1 和 R_2 分别为电阻分压器的高压臂电阻和低压臂电阻。

电容分压式电子式电压互感器主要由电容分压器、传输系统和信号处理单元组成。可输出三相相电压信号和零序电压信号，经复合屏蔽双绞线传输到馈线终端。其二次输出端与一次高压输出端的关系为

$$U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U_1$$

式中， C_1 和 C_2 分别为电容分压器的高压电容和低压电容。

电子式电压互感器，二次侧输出信号可以是模拟量，也可以是数字量，本文涉及的电子式电压互感器二次侧为模拟量输出。

测试方案

1. 测试概况

准确度是对电子式电压互感器最基本的要求，也是目前电子式电压互感器测试中较为关注的问题。准确度试验主要测试电子式电压互感器的比值差和相位差。本文主要涉及常温下的准确度试验和高低温循环条件下的准确度试验。

比值差按下式用百分数表示，即

$$\varepsilon = \frac{KU_2 - U_1}{U_1} \times 100\%$$

式中， K 为额定电压比； U_1 为一次电压实际有效值； U_2 为二次输出电压有效值。

相位差通常用分或者厘弧表示，其表达式为

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

式中， φ_1 、 φ_2 分别为一次电压相位角和二次电压相位角。高低温循环条件下的准确度试验，是将电子式电压互感器置于恒温箱中完成，同样，需

满足常温下的准确度要求。

2. 测试依据

目前用于配网的10 kV电子式电压互感器，其额定变压比，相序为 $(10 \text{ kV}/\sqrt{3}) / (3.25 \text{ V}/\sqrt{3})$ ，零序为 $(10 \text{ kV}/\sqrt{3}) / (6.5 \text{ V}/\sqrt{3})$ ；其准确度，相序要求为0.5级3P，零序要求为1级3P，由于条件限制，零序误差未进行测试。根据GB/T 20840.7—2007，参比条件下电子式电压互感器的误差限值，如表2所示。

表2 参比条件下电子式电压互感器的误差限值

准确等级	额定电压百分数	2%	5%	80%~120%	190%
0.5/3P	比值差(±%)	6	3	0.5	3
	相位差(±′)	240	120	20	120
1/3P	比值差(±%)	6	3	1.0	3
	相位差(±′)	240	120	40	120

3. 测试方案

电磁式电压互感器技术成熟、运行稳定性高，应用广泛，一般都是以电磁式标准互感器为标准器校验研制的新型互感器的误差。将高精度标准电压互感器的输出与被测电子式电压互感器的输出同时接入电子式电压互感器校验仪并进行比较，来测试待测电压传感器的准确度。电子式电压互感器的模拟量输出校验回路主要由标准电压互感器、被测电子式电压互感器和模拟校验仪组成，如图1所示。

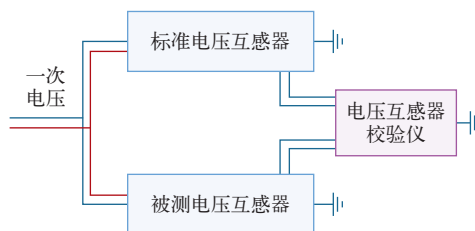


图1 电子式电压互感器模拟量输出校验回路

针对两种不同实现原理的电子式电压互感器，进行常温及高低温条件下的准确度试验。两台电子式电压互感器，除实现原理不相同以外，其余额定参数均相同。常温条件下的准确度试验，试验条件如表3所示。

表3 常温条件下准确度试验条件

环境温度/℃	相对湿度	电源频率/Hz	二次负荷	电源波形畸变系数	环境电磁场干扰强度	外绝缘
10~35	≤80%	50±0.5	额定负荷	≤5%	不大于正常工作接线所产生的电磁场	清洁干燥

高低温循环条件下的准确度试验,是为了验证其在特定温度使用条件下,是否满足准确度要求。涉及到的试验,只做1个循环条件下的试验,温度范围为 $-40\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$,设定3个温度点,高温 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、低温 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和常温,达到相应的温度稳定后,进行1次误差试验,并保持3 h,每隔1 h再进行1次误差试验,试验开始前也应进行1次误差试验,均应满足相应的准确度要求。

选取两类准确度满足相应要求的10 kV电容分压式互感器与电阻分压式互感器进行测试。试验

过程中,电容分压式电子式电压互感器和电阻分压式电子式电压互感器分别简记为M和N。

数据分析

1. 测试数据

按照前文中的测试方案,在规定的试验条件下,测量了两类电子式电压互感器的输入特性。分别测量M和N在不同额定一次电压百分数条件下的比值差和相位差,将M和N的准确度测试结果进行比较,如图2所示。

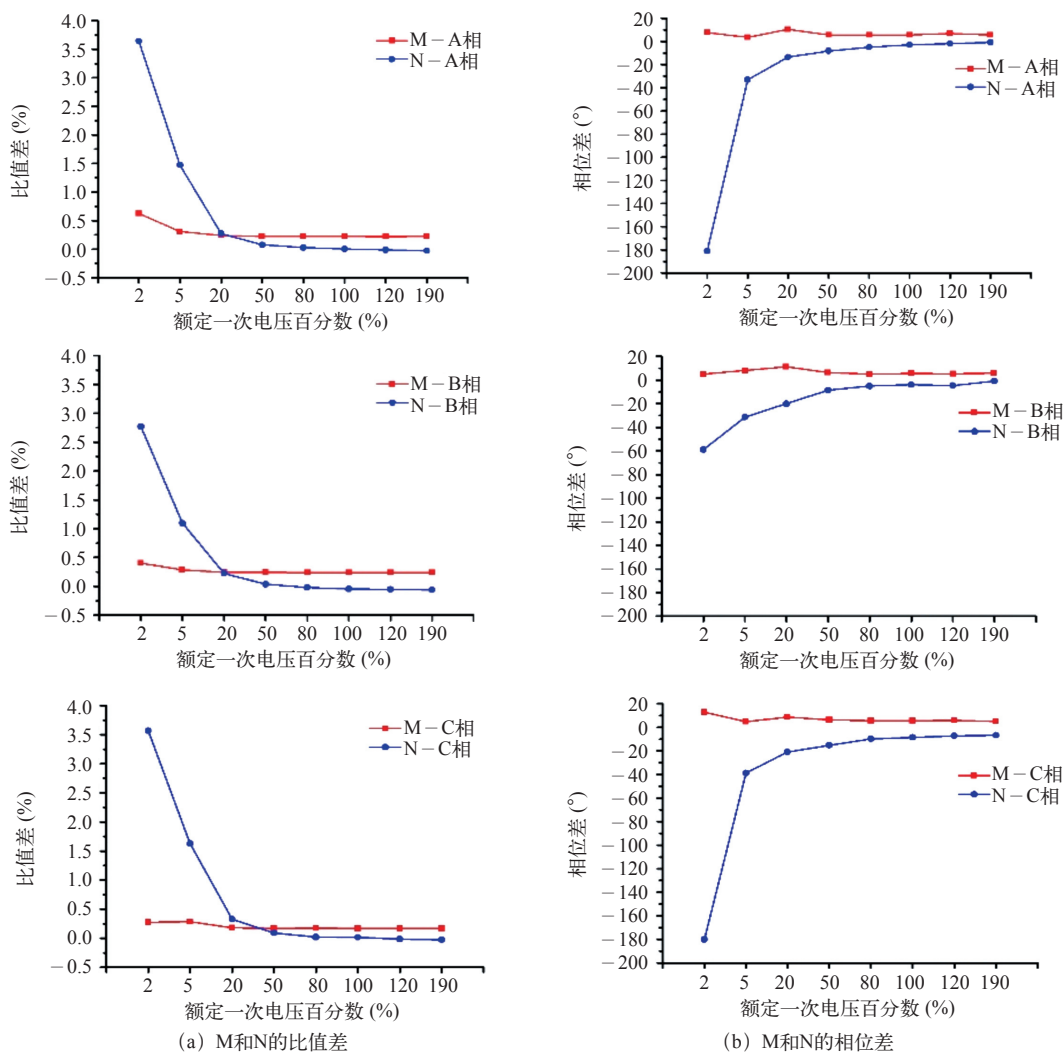


图2 M和N的误差比较图

在高低温循环条件下,测量了两类电子式电压互感器的输入特性。分别测量M和N在额定一次电压条件下的比值差和相位差,M和N高低温循环条件下的误差如图3所示。

由图2可知,常温条件下,M和N的相序都满

足0.5级3P的准确度要求。由图3可知,高低温循环条件下,M和N的相序都满足0.5级3P的准确度要求。

2. 数据对比

由图2可知,对比分析M和N的输入特性曲

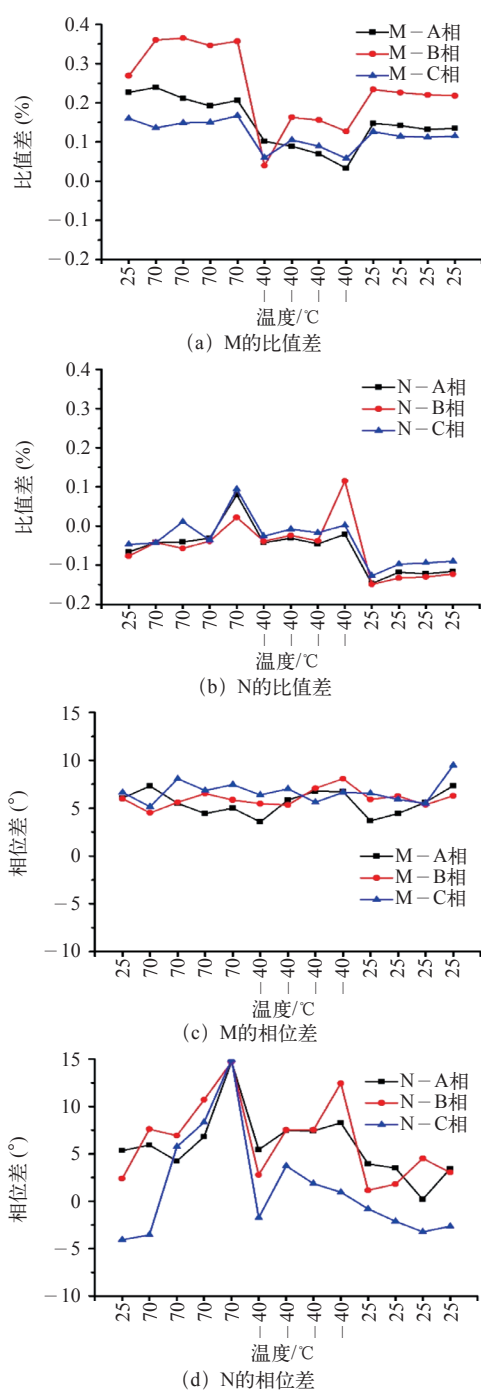


图3 M和N高低温循环条件下的误差比较图

线，M的输入特性曲线波动较小，输入特性稳定性较好。A、B、C三相的比值差平均值分别为0.29、0.27、0.20，极差分别为0.40、0.17、0.12，方差分别为0.02、0.00、0.00；A、B、C三相的相位差平均值分别为6.41、6.60、6.88，极差分别为6.97、6.20、8.08，方差分别为4.24、4.58、7.24。而N的比值差与相位差，在2%~5%额定一次电压范围内，变动较大，A、B、C相比值差变化分

别达到了2.17、1.67、1.94，相位差变化分别达到了148.00、27.51、141.23，远超M在该负荷变化过程中的波动，但在80%~190%额定一次电压范围内，输入特性曲线波动不大。M和N三相序的变化情况如表4所示。

表4 M和N三相序的变化数据表

电子式电压互感器	误差	相序	平均值	极差	方差
M	比值差	A	0.29	0.40	0.02
		B	0.27	0.17	0.00
		C	0.20	0.12	0.00
	相位差	A	6.41	6.97	4.24
		B	6.60	6.20	4.58
		C	6.88	8.08	7.24
N	比值差	A	2.56	2.17	2.35
		B	1.93	1.67	1.40
		C	2.60	1.94	1.89
	相位差	A	-107.00	148.00	10 952.00
		B	-45.11	27.51	378.40
		C	-109.39	141.23	9 972.96
N (80%~190%)	比值差	A	0.00	0.06	0.00
		B	-0.04	0.04	0.00
		C	0.00	0.04	0.00
	相位差	A	-2.62	4.26	3.30
		B	-3.56	4.24	3.66
		C	-8.10	2.95	1.76

对比分析可知，两者均能满足高低温循环条件下的准确度要求，M的温度特性要优于N的。由此，在温度变化剧烈的地区，采用电容分压式电子式电压互感器精度相对较为稳定；在温度变化较小的地区，亦可采用电阻分压式电子式电压互感器。

结束语

针对于电容分压式和电阻分压式电子式电压互感器，在常温、高低温循环条件下，采用对比法则，进行准确度测试，试验表明，电容分压式电子式电压互感器和电阻分压式电子式电压互感器都可以满足测量、计量和保护三合一的要求。相比较，电容分压式电子式电压互感器可以更好地满足测量、计量和保护三合一的要求，更适用于温度变化较为剧烈的地区。而电阻分压式电子式电压互感器更有助于提高配电网电压测量与电量计量的准确性，支持配电网线损计量的精益化管理。EA

(收稿日期：2017.11.13)

(编辑：刘群彦)