

电子式互感器模拟输出校准系统

郭伟¹, 张红超², 于朝辉¹

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心, 河南 许昌 461000)

摘要: 由于电子式互感器与传统互感器的输出有很大区别, 传统互感器的校准系统不再适用, 依据国家相关标准和误差分析理论, 提出了将标准电磁式互感器经信号转换装置转换成与模拟型电子互感器一样的弱电压信号, 通过电子式互感器校验仪进行信号比对的新型电子式互感器校准系统。新型校准系统的整体误差不仅满足高于被测电子互感器两个等级的要求, 而且标准通道的各部件均经过严格的溯源, 并通过实际应用验证其可以满足现阶段电子式互感器模拟输出性能指标的测试和校验工作。

关键词: 电子式互感器; 模拟量输出; 校准系统; 准确度; 校准; 误差

A calibration system for electrical transformers with analog output

GUO Wei¹, ZHANG Hong-chao², YU Zhao-hui¹

(1. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China;

2. China National Testing Center for Relay Protection and Automation Equipment, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper discusses one calibration system for electric transformers with analog output on the condition that the traditional calibrating method is not suitable for testing optical electric transformers. The standard conventional transformer is needed for the calibration of the electronic instrument transducers. The output of the standard conventional transformer is converted by the standard signal changer equipment. Then the converted signal is compared with the test signal. At the part of the calibration system, the source standard and analyzing of error are discussed. The max error of this calibration system is only 30 % of the tested electric transformer's error. At last, this calibration system has been successfully used to test and calibrate the performance of the optical electric transformer with analog output developed.

Key words: electronic transformer; analog output; calibration system; accuracy; calibration; error

中图分类号: TM45 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)06-0049-03

0 引言

电子式互感器和传统电磁式互感器在传感原理和输出方式上均有很大区别, 传统电磁式互感器一般输出 $100\text{ V}/100\sqrt{3}\text{ V}$ (电压互感器)、 $5\text{ A}/1\text{ A}$ (电流互感器), 模拟输出型电子式互感器 (以下简称模拟型电子互感器) 直接输出弱电压信号, 易于与数字化设备接口, 符合数字化变电站发展趋势。由于电子式互感器的专有检定规程还没有出来, 只能继续依据传统互感器的检定规程^[1-2]来搭建电子式互感器校准系统。随着模拟型电子互感器的应用和推广, 规范其性能指标的检验方法和校准系统的建立, 在模拟型电子互感器的研制、生产和实际应用中将越来越重要。

本文在传统互感器校准系统的基础上, 依据国

家电子式互感器标准^[3-4], 以及电子式互感器的误差理论, 提出一种适用于模拟型电子互感器的校准系统。

1 模拟型电子互感器的误差定义

对模拟型电子互感器输出而言, 传统 PT 额定二次电压标准值为 100 V , 传统 CT 额定二次电流标准值为 1 A 、 5 A , 而电子式电压互感器 (以下简称 EVT) 额定二次电压标准值为 $1.625\sim 6.5\text{ V}$, 电子式电流互感器 (以下简称 ECT) 额定二次电压标准值为 $22.5\text{ mV}\sim 4\text{ V}$ 。这是两者之间最大的差别, 而导致现有的校准系统无法适用于模拟型电子互感器^[5]。

以模拟型 ECT 为例, 其电流误差(比值误差)为: $\varepsilon = (K_{ra}U_s - I_p) / I_p \times 100\%$ 。其中: K_{ra} 为额定变

比; I_p 为实际一次电流的有效值; U_s 为模拟型电子互感器输出二次电压有效值。其相位误差为: $\Phi_e = (\phi_s - \phi_p) - (\phi_{or} + \phi_{tdr}) = (\phi_s - \phi_p) - \phi_{or} + 2\pi f_{tdr}$ 其中: ϕ_p 为一次相位移; ϕ_s 为二次相位移; ϕ_{or} 为额定相位偏移; $\phi_{tdr} = -2\pi f_{tdr}$ 为额定延迟时间 (t_{dr}) 造成的相位偏移; 可见电子式互感器的相位误差和传统互感器最大区别在于, 电子式互感器的相位差不仅包含相位误差而且包含额定相位偏移和额定延迟时间^[1]。但对于模拟型电子互感器, 一般要求额定延迟时间为 0, 额定相位偏移为 0° , 所以其相位误差就等于相位差: $\Phi_e = \Phi = \phi_s - \phi_p$ 。与传统的电磁式互感器误差一致。如图 1 所示。

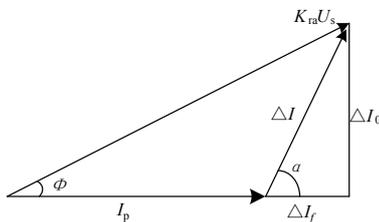


图 1 模拟量输出型电子式电流互感器误差

Fig.1 Error of analog output electric transformers

因此, 其比值误差表达式为:

$$f_i = \frac{|K_n U_s| - |I_p|}{|I_p|} \times 100\% = \frac{\Delta I_f}{I_p} \times 100\% \quad (1)$$

其相位误差表达式为:

$$\delta_i = \text{artg} \frac{\Delta I_0}{I_p + \Delta I_f} \approx \frac{\Delta I_0}{I_p} (\text{rad}) = \frac{\Delta I_0}{I_p} \times 3438 (\text{分}) \quad (2)$$

2 校准系统的搭建

传统互感器校准系统由标准互感器、被测互感器和互感器校验仪组成。其中互感器校验仪采用测差原理即把变比相同的标准互感器与被检互感器的二次电流或电压进行比较, 将电流差或电压差输入校验仪器进行测量, 其中标准互感器器要比被校验仪准确度等级高两个级别以上, 校验仪带来的误差不得大于被测互感器允许误差的 $1/10^{[3-4]}$ 。例如要校准 0.2 级的互感器, 标准器等级必须为 0.05 级或以上, 校验仪带来的误差不得超过 $0.2\%/10=0.02\%$ 。

校准模拟型电子互感器需改进校验传统电磁式互感器的校验系统。标准互感器器仍使用标准电磁式互感器。由于 ECT、EVT 的模拟输出都是小电压信号, 所以要通过信号转换装置将标准电磁式互感器二次输出信号 5 A 或 100 V 转换为与被测电子式互感器同幅值的小电压信号, 再将二者送入校验仪作比较。校验仪依然采用测差原理, 由于输入信号为小电压信号, 因此校验仪要具有弱电压信号处

理能力。校准系统原理图如图 2 所示。

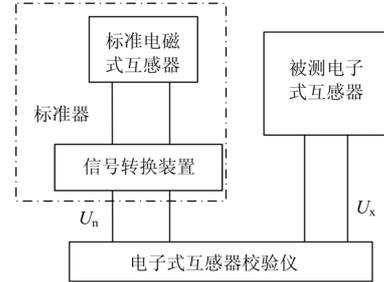


图 2 模拟型电子互感器校准系统原理

Fig.2 Principle of calibration system for analog output electronic transducer

由图 2 可知, 校准系统中的标准器不仅包括标准互感器而且包括信号转换装置, 由于增加了信号转换装置, 从而导致标准互感器的选取时需要考虑信号转换装置带来的误差, 如校准 0.2 级的互感器时, 根据互感器检定规程要求, 标准器准确度必须为 0.05 级或以上, 若信号转换装置的误差为 0.02 级, 则标准互感器的准确度级别必须为 $0.05-0.02=0.03$ 级或以上, 这样才能保证校准系统的整体精度。

电子式互感器校验仪采用测差原理, 其精度等级要求同传统互感器校准系统一样。如校准 0.2 级的互感器时, 传统互感器校验仪的精度一般为 2 级, 电子式互感器校验仪同样选取 2 级的精度, 这时校验仪引入的最大误差为:

$$f_m = \frac{(U_x - U_n)(1+2\%)}{U_n(1-2\%)} - (U_x - U_n) \quad (3)$$

其中: $U_x - U_n = 0.2\%$, 则:

$$f_m = \frac{0.2\% U_n \times (1+2\%)}{U_n(1-2\%)} - 0.2\% = 0.0082\% \approx 0.01\% \quad (4)$$

由于 $0.01\% < (0.2\%/10) = 0.02\%$, 因此满足检定规程的要求。

由上可知, 上述搭建的校准系统能满足模拟型电子式互感器的校验需求。

3 实际应用

某试验室基于现有测试设备: 0.02 级标准电流互感器、0.02 级信号转换装置和 2 级校验仪, 来校验被测产品为 0.2 级 (比值差 0.2%、 $10'$) 的模拟型电子电流互感器, 要求搭建的校准系统整体误差不得大于被测电流互感器允许误差的: 标准器误差 + 校验仪误差 = $(1/5 + 1/10) = 0.3$, 即搭建的校准系统最大误差为: $0.3 \times 0.2\%$ (被测互感器准确级)

=0.06%。

按照上述设备搭建校准系统, 已知被测互感器二次电压额定值为 4 V, 标准互感器二次额定电流值为 5 A, 标准转换装置为 5 A/4 V, 被测互感器的输出为 $4 \times (1+0.2\%) = 4.008$ V。则额定值下系统最大误差为: 标准通道信号在校验仪上读数最小为: $4 \text{ V} \times (1-0.02\%) \times (1-0.02\%) \times (1-2\%) = 3.918$ V, 实际误差信号在校验仪上的读数为: $4 \times (0.2\%+0.02\%+0.02\%) \times (1+2\%) = 0.009792$ V, 那么对于实际误差 f_0 为+0.2%的互感器, 校准系统实测最大误差值为:

$$f_{\max} \approx \frac{\Delta f}{I_p} \times 100\% = \frac{0.009792}{3.918} \times 100\% \approx 0.25\% \quad (5)$$

校准系统的误差为:

$$\beta = f_{\max} - f_0 = 0.25\% - 0.2\% = 0.05\% \quad (6)$$

基于 $0.05\% < 0.06\%$, 从而可知搭建的校准系统满足实际需求。

校准系统中标准器的误差为: 0.02% (标准电流互感器)+ 0.02% (信号转换装置)= $0.04\% < 0.05\%$; 校验仪引入的误差为: $0.05\% - 0.04\% = 0.01\% < 0.02\%$ 。因此在上述校准系统中, 标准器满足比被测互感器高两个准确度等级的要求, 以及校验仪引入的误差小于被测互感器 1/10 的要求, 完全满足 0.2 级电流互感器的校准要求。

4 结束语

依据上述搭建的校准系统不仅在实际应用完全满足模拟型电子互感器的精度测试要求, 而且其标准器具均具有可溯源性, 但在建立适用的校准系统时, 须注意以下两个方面:

(1) 选取标准互感器时, 必须要考虑信号转换装置带来的误差, 两者的准确度之和要高于被测互

感器两个级别。

(2) 电子式互感器校验仪的引入误差不得超过被测互感器准确度等级的 1/10。

参考文献

- [1] JJG313-94, 测量用电流互感器检定规程[S]. JJG313-94, Verification Regulation of Current Transformers of Measuring Service[S].
- [2] JJG314-94, 测量用电压互感器检定规程[S]. JJG314-94, Verification Regulation of Voltage Transformers of Measuring Service[S].
- [3] GB.T 20840.7-2007, 互感器 第7部分: 电子式电压互感器[S]. GB.T 20840.7-2007, Instrument Transformers- Part7: Electronic Voltage Transformers[S].
- [4] GB.T 20840.8-2007, 互感器 第8部分: 电子式电流互感器[S]. GB.T 20840.8-2007, Instrument Transformers- Part8: Electronic Current Transformers[S].
- [5] 余春雨, 叶国雄, 等. 电子式互感器的校准方法与技术[J]. 高电压技术, 2004, 30 (4): 20-22. YU Chun-yu, YE Guo-xiong, et al. Calibration Technique of Electronic Instrument Transducers[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30 (4): 20-22.

收稿日期: 2009-04-16; 修回日期: 2009-06-15

作者简介:

郭伟 (1980-), 男, 工程师, 主要从事电子式互感器及相关产品测试方法和测试技术的研究工作; E-mail: guowei@xjgc.com

张红超 (1977-), 男, 工程师, 主要从事电力系统产品功能、EMC 检测和标准研究工作;

于朝辉 (1971-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统产品测试和测试技术的研究工作。

(上接第 39 页 continued from page 39)

[12] 林吉良, 蒋静坪. 基于支持向量机的移动机器人故障诊断[J]. 电工技术学报, 2008, 23(11): 173-177.

LIN Ji-liang, JIANG Jing-ping. Fault Diagnosis for a Mobile Robot Based on Support Vector Machine[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2008, 23(11): 173-177.

[13] 何正友, 符玲, 麦瑞坤, 等. 小波奇异熵及其在高压输电线路故障选相中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(1): 31-36.

HE Zheng-you, FU Ling, MAI Rui-kun, et al. Study on Wavelet Singular Entropy and Its Application to Faulty

Phase Selection in HV Transmission Lines[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(1): 31-36.

收稿日期: 2009-04-14; 修回日期: 2009-06-29

作者简介:

高彩亮 (1983-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统稳定运行与控制; E-mail: gaocailiang@163.com

廖志伟 (1973-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为电力系统故障诊断、分析以及电力系统智能控制;

岳苓 (1983-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统稳定运行与控制。