

电压法测变压器套管 CT 变比

陈亦平, 穆国平, 徐伟明, 王树春

(浙江省嘉兴电力局, 浙江 嘉兴 314001)

摘要: 阐述了电流互感器变比试验的必要性和特点, 在简述了电流法、短路法测变压器套管 CT 变比试验的原理、特点以及主要缺点之后, 提出了采用电压法不拆变压器套管 CT 测变压器套管 CT 变比试验的方法, 分析了电压法测变压器套管 CT 变比试验的原理, 试验时可能引起误差的主要因素。试验中采取的抗干扰措施, 并在试验中采用伏安特性试验仪在套管 CT 二次侧加交流电压, 测量一次侧电压和二次侧电压的方法, 同时完成套管 CT 变比试验、伏安特性试验。

关键词: 变压器; 套管 CT; 变比; 电流法; 短路法; 电压法

Measurement of ratio at a bushing-type CT

CHEN Yi-ping, MU Guo-ping, XU Wei-ming, WANG Shu-chun
(Zhejiang Jiaxing Electric Power Bureau, Jiaxing 314001, China)

Abstract: This paper states the necessity and the characteristics of the current transformer ratio test, reviews two normal methods of the CT ratio test in brief, i.e. short-circuit method and current method. It brings forward new method of the CT ratio test by measuring voltage in primary side and secondary side of the CT without disassembling it, and analyzes the theory and the main factors causing errors of the new method. In the test, it adopts anti-interference method and applies AC voltage on secondary side of CT with I/V characteristic instrument to measure voltage of primary side and secondary side. The CT ratio test and I/V characteristic test are carried out as well.

Key words: transformers; casing CT; ratio; current method; short-circuit method; voltage method

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)02-0122-02

1 CT 变比试验必要性和特点

国家电网公司及各省电力公司颁布的试验规程, 都把电流互感器投产前、更换绕组后、大修后的变比试验列为验收的重要试验项目之一, 因为变比的正确与否直接关系到计量的准确性和保护的可靠性。

电流互感器简称 CT, 其工作原理与变压器基本相同, 不同点仅在于铁芯内产生交变主磁通的电流来源不同, 前者是由与之串联的高压回路电流通过其一次绕组产生的, 而后者为由作用于一次绕组两端的交流电压产生的电流建立的^[1]。

从电流互感器的工作原理可知, 决定电流互感器变比的是一次线圈与二次线圈的匝数之比, 影响电流互感器变比误差的主要原因有: (1) 铁心材料结构的影响; (2) 二次负载的影响; (3) 一次电流大小的影响; (4) 一次电流频率的影响^[2]。

电流互感器的变比误差试验应由制造厂在出厂试验时完成或在试验室进行。而电流互感器的变比现

场试验属于检查性质, 即不考虑上述影响电流互感器变比误差的原因而重点检查匝数比。

2 常用套管 CT 变比方法综述

2.1 电流法测变压器套管 CT 变比

电流法测套管 CT 变比试验接线示意图如图 1 所示, 在套管 CT 一次侧两端 (L1、L2) 接大电流试验仪, 在套管 CT 二次侧两端 (K1、K2) 接电流表。电流法测套管 CT 变比等值电路图如图 2 所示。图中: i 为大电流试验仪; A 为电流表; i_1 为套管 CT 一次电流; i_2' 为折算到一次侧的套管 CT 二次电流; r_1 、 x_1 为套管 CT 一次线圈电阻、漏抗; r_2' 、 x_2' 为折算到套管 CT 一次侧的套管 CT 二次线圈电阻、漏抗; r_m 、 x_m 为套管 CT 励磁电阻、电抗。

当电流互感器正常运行时, 二次线圈处于短路状态, 铁芯磁密很低, 即 x_m 很大。从等值电路可知, 当 x_m 很大时, 励磁电流很小, 可以忽略不计, 所以 $i_1 = i_2'$ 。电流法测套管 CT 变比试验原理是模拟电流互感器实际运行情况 (仅二次负荷的大小有差别),

在套管 CT 一次侧用大电流试验仪通大电流, 测量二次感应电流的大小, 一次电流与二次电流的比值即为变比。

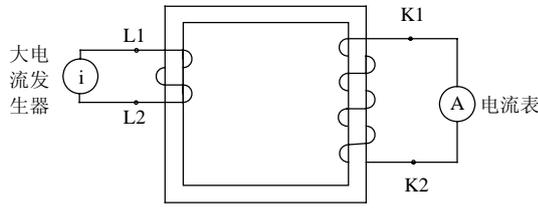


图 1 电流法测套管 CT 变比试验接线图

Fig.1 Equivalent circuit of the current method

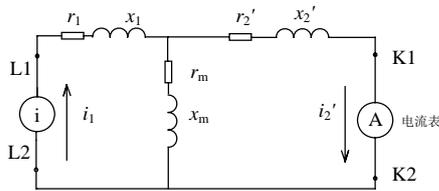


图 2 电流法测套管 CT 变比试验等效图

Fig.2 Equivalent circuit of the current method

电流法测套管 CT 变比从原理上讲是一种无可挑剔的试验方法, 测量的精度高, 也是我们做电流互感器变比的传统方法。但是该方法有以下缺点:

(1) 试验必须将套管 CT 拆除并从变压器上吊装下来后才能进行, 试验过程需要检修班、高试班配合, 需要吊机等大型设备配合, 变压器套管 CT 吊装过程中又容易发生安全事故; (2) 随着系统容量的增加, 电流互感器电流越来越大, 最大可达数万安培。现场加电流至数百安培已有困难, 数千安培或数万安培几乎不太可能。降低试验电流则电流互感器误差骤增。

2.2 短路试验法测套管 CT 变比^[3]

短路试验法测变压器套管 CT 变比是通过分别做高中压侧、中低压侧短路试验, 在短路试验过程中测量三侧一次相电流和二次相电流的大小来计算 CT 变比的。(1) 在变压器短路试验前根据变压器铭牌参数计算出变压器各侧绕组的等值电抗, 并归算到某一侧。以下是某 220 kV/115 kV/10.5 kV 变压器三侧电抗归算到中压侧后的三侧等值电抗: $X_1=10 \Omega$, $X_2=-0.8247 \Omega$, $X_3=8.636 \Omega$ 。(2) 短路试验: a.高中侧短路试验, 将低压侧开路, 高压侧短路, 在中压侧加入 380 V 交流电压, 则中压侧的一次相电流为 $220 / (10-0.8247) A=24 A$, 高压侧一次相电流为 $24 \times 115 / 220 A=12.55 A$; b.中低压侧短路试验, 将高压侧开路, 低压侧短路, 在中压侧加入 380 V 交流电压, 则在中压的一次相电流为

$220 / (8.636-0.8247) = 28.16 A$, 低压侧一次相电流为 $28.16 \times 115 / 10.5 A = 308.42 A$ 。(3) 在短路试验过程中, 根据测得的一次电流和二次电流, 算出各侧套管 CT 变比。在该变压器高中压侧短路试验中测得变压器中压侧一次相电流为 24.2 A, 中低压侧短路试验中测得一次电流为 28.35 A, 与理论计算结果相比误差不大, 说明短路试验结果是正确的。

短路试验法虽然可以不拆套管 CT 做变压器套管 CT 变比试验, 但是试验过程中需要多次改变变压器的状态。

3 电压法测套管 CT 变比

3.1 试验接线与方法

电压法测套管 CT 变比试验接线示意图如图 3 所示, 在套管 CT 一次侧两端 (L1、L2) 接毫伏表, 在套管 CT 二次侧两端 (K1、K2) 接伏安特性试验仪。试验中伏安特性试验仪的作用相当于调压器, 输出交流电压, 它的输出容量为 $1000 V \times 10 A$ 或者 $500 V \times 10 A$ 。采用伏安特性试验仪的优点是套管 CT 伏安特性试验与套管 CT 变比试验同时进行, 同时完成, 因为两项试验都要求套管 CT 一次侧开路, 二次侧加交流电压, 前者需要测量二次侧的电流, 后者需要测量一次侧的电压。为减少变电站电磁干扰, 试验用连接导线采用抗干扰性能良好的同轴测量电缆, 非测试相和变压器中心点需要接地。

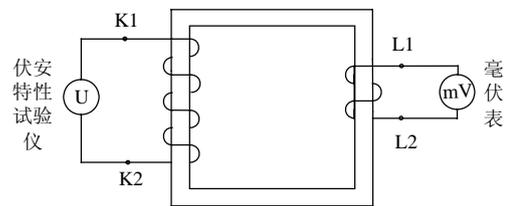


图 3 电压法测套管 CT 变比试验接线图

Fig.3 Wiring diagram of the voltage method

3.2 试验原理

电压法测套管 CT 变比等值电路图如图 4 所示。

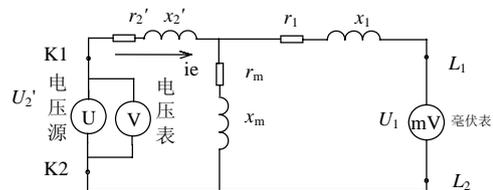


图 4 电压法测套管 CT 变比试验等效图

Fig.4 Equivalent circuit of the voltage method

(下转第 130 页 continued on page 130)

其他外部信号完全相同。所以通过这次录波的结果基本可以肯定是开关本身的原因造成了开关的误动。

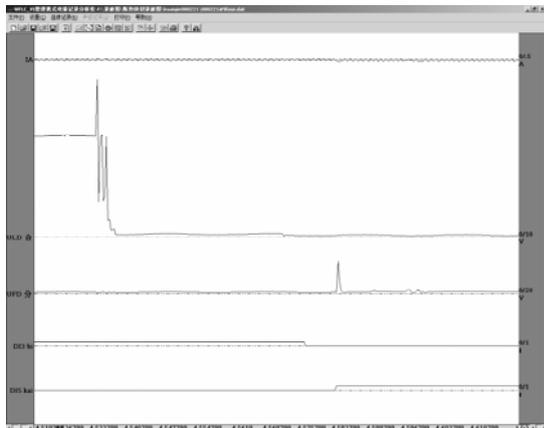


图 5 快切正常时分合闸线圈及开关辅助触点的波形
Fig.5 Right waveform of open and close winding and switch assistant nod during the fast switch examination

为进一步确定开关问题，同时验证系统的稳定性，试验人员又更换了开关位置，将存在问题的开关换放到正常的 8#机系统进行测试，最终还是得到相同的结果。录波图和以上所列的波形相同，这里不再重复。厂家人员全程跟踪试验过程，也对开关本身存在问题表示了认可。至此这一问题得到了圆

满的解决。

3 结束语

通过分析和试验，最终确定了试验中问题的所在，排除了隐患。通过事故分析为我们提供了一套系统的解决类似问题的方法，在试验过程中我们发现了一个很奇怪的问题，应引起生产厂家及运行人员的高度重视，就是开关在无任何操作并放置一段时间以后就很容易发生上面的故障，但当开关操作过几次以后或者对开关进行过搬运后，故障基本就不再发生，可以说此类开关问题的隐蔽性相当大，在面对偶然一次误动时，都不要放松警惕，应积极寻找问题的所在，直到将问题解决，特别是对重点位置的重点设备，更应杜绝这一问题，切不可让小问题酿成大后果。

参考文献

- [1] MFC2000-2 微机厂用快切装置产品使用说明书[Z].
- [2] VB2 型户内高压真空断路器出厂检测报告[Z].

收稿日期：2009-02-12； 修回日期：2009-04-13

作者简介：

张 斌(1981-), 男, 硕士, 现从事电力系统继电保护方面的相关工作。E-mail: tjpowerman@sohu.com

(上接第 123 页 continued from page 123)

图中： U_1 为套管 CT 一次电压； U_2' 为折算到一次侧的套管 CT 二次电压； r_1, x_1 为套管 CT 一次线圈电阻、电抗； r_2', x_2' 为套管 CT 二次线圈电阻、电抗； r_m, x_m 为套管 CT 励磁电阻、电抗； i_e 为励磁电流。

当用电压法测套管 CT 变比时，一次线圈开路，铁心磁通密度很高，极易饱和。由等效图可得以下等式： $U_2' + i_e \times (r_2' + jx_2') = U_1$ 。额定电流 5 A 的套管 CT 二次线圈电阻和漏抗一般小于 1 Ω ，额定电流 1 A 的套管 CT 二次线圈电阻和漏抗一般为 1~15 Ω 。以一组 1000/5 的套管 CT 现场数据为例：在套管 CT 二次侧施加 109.5 V 的电压时，套管 CT 一次侧电压为 550.1 mV，此时二次线圈励磁电流为 257 mA，而此线圈电阻和漏抗约为 1 Ω ， $i_e \times (r_2' + jx_2') = 0.257$ V，0.257 V 与 109.5 V 相比，可以忽略不计， $U_2' = U_1$ ，所以通过测量套管 CT 二次侧电压与一次侧电压可以算出其变比 $N = 109.5 / 550.1 = 199.1$ 。

4 结论

电压法测套管 CT 变比，不用拆除套管 CT 即可进行，节省了大量的人力物力，降低了安全风险，

克服了电流法只能测量小变比套管 CT 的缺点，可以与伏安特性试验同时进行，提高了工作效率。在现场，我们多次用电流法测套管 CT 变比的试验结果与电压法测套管 CT 的试验结果进行对比，对比结果证明电压法测得的套管 CT 变比是正确的。

参考文献

- [1] 张志竟, 黄玉铮. 电力系统继电保护原理与运行分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
- [2] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [3] 叶石丰, 何铭宁, 曾松涛. 短路试验法测变压器间隔 CT 变比和极性[J]. 继电器, 2005, 33(20): 82-84.
YE Shi-feng, HE Ming-ning, ZENG Song-tao. Short-circuit Testing Method to Check the Ratio and Polarity of Transformer Compartment CT[J]. Relay, 2005, 33(20): 82-84.

收稿日期：2009-02-08； 修回日期：2009-03-13

作者简介：

陈亦平(1981-), 男, 学士, 助工, 主要从事电力系统继电保护工作; E-mail: chenyping81@126.com
穆国平(1978-), 男, 学士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护工作;
徐伟明(1983-), 男, 学士, 助工, 主要从事电力系统继电保护工作。