

500 kV H-GIS 站电流互感器误差异常的分析及意义

徐家恒, 郑磊, 祝福, 赵吉福, 曲效武, 王金亮

(山东电力研究院, 山东 济南 250002)

摘要: 用传统的测试方法对两个 H-GIS 500 kV 站电流互感器进行了现场误差试验, 试验发现电流互感器的误差存在异常, 分析了用推算方法对这类电流互感器进行现场误差试验的局限性, 同时给出了这个事件所带来的意义。

关键词: H-GIS; 电流互感器; 异常误差

中图分类号: TM45

文献标志码: B

文章编号: 1001-1609(2009)02-0102-04

Analysis of Abnormal Error of the Current Transformers in 500 kV H-GIS Substation

XU Jia-heng, ZHEN Lei, ZHU Fu, ZHAO Ji-fu, QU Xiao-wu, WANG Jin-liang

(Shandong Electric Power Research Academy, Jinan 250002, China)

Abstract: The field error tests of the current transformers in two 500 kV H-GIS substations were conducted with the conventional method, and the results showed that the errors were abnormal. The limitation of the method for testing the error of this kind of current transformers is analyzed.

Key words: H-GIS; current transformer; abnormal error

0 引言

2005年9月在对我省两个 H-GIS 500 kV 站(分别简称为甲站和乙站)进行互感器的误差试验时发现这两个站的所有计量用电流互感器在 $70\%I_N$ 以上时的误差均存在往负方向增大的现象, 有的误差甚至到了 -2.0% 以上, 经过近两个月的反复验证和查找, 最终查明是由于产品质量的缺陷引起一次电流返回导体对互感器误差产生了较大的影响, 最后厂方采取了更改措施, 从而避免了这次较大的大面积超差现象。

1 现场的实际情况

甲站(已安装完成)现场的具体情况见图1。图1中, 11~14为接地开关, 21、22为隔离开关, 31为断路器, CT_a 、 CT_b 为电流互感器, 互感器的额定电流比均为 $3\ 000\ A/1\ A$ 和 $2\ 500\ A/1\ A$ (抽头), 在 11~14 接地开关和地电位间是分别通过 4 个铜接地连片与地(外壳)相连, A、B 两点之间的一次母线外形为 U 型, CT_a 、 CT_b 处的外形均为桶状(简称为 A 桶、B 桶, 位置相当于 U 型的两个边, 断路器的位置相当于 U 型的底), 分别均装有 4 只电流互感器, A 桶中电流

互感器自上而下分别为 CT_1 (0.2S)、 CT_2 (5P30)、 CT_3 (TPY)、 CT_4 (TPY), B 桶中电流互感器自下而上分别为 CT_5 (TPY)、 CT_6 (TPY)、 CT_7 (5P30)、 CT_8 (0.2S)。试验对象是 0.2S 级的电流互感器, 即 CT_1 和 CT_8 。其位置均位于桶的最上端。

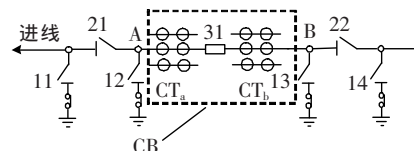


图1 500 kV H-GIS 某一间隔一次示意图

2 电流互感器的试验方案

以前针对 GIS 中电流互感器的试验方法见图 2^[1]。图 2 中 A、B 两点之间的一次母线上的断路器和其它电流互感器简略。

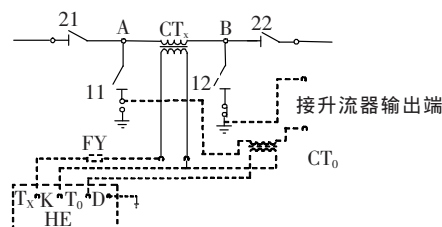


图2 GIS 中电流互感器误差试验接线图

对此次甲站 H-GIS 中的电流互感器最初我们

收稿日期: 2008-12-25; 修回日期: 2009-02-21

作者简介: 徐家恒(1969-), 男, 安徽定远人, 高级工程师, 一直从事高压互感器现场和实验室的误差测量和检定工作。

拟采用图2的线路进行现场误差试验,最初厂方认为不能给接地开关施以3000A的电流,如按图2的试验方案,最多只允许通1500A(50% I_N)的电流。为此,对图2进行了改进,即将图1的接地开关11和12的接地连片断开后,用一个短接片将接地开关11和12的低端相连,同时将隔离开关21和22闭合,见图3。图3中A、B两点之间的一次母线上的断路器和其它电流互感器简略。在图2中,构成一次回路的接地开关有两个,即11和12,但在图3中,构成一次回路的接地开关有四个,即11、12、13和14,这样就可以保证一次回路的电流达到3000A,又仅使每个接地开关只承受1500A的电流。

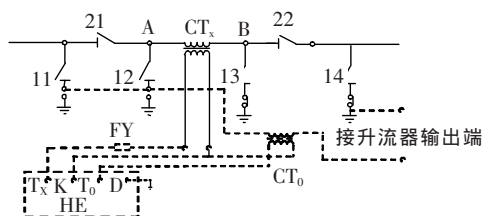


图3 H-GIS中电流互感器误差试验接线图

3 问题的发现及对策

试验方案确定后,对甲站进线A相(即 CT_8)的电流互感器进行了误差试验,由于一次回路较长,且3000A/1A的变比较大,只能升到80% I_N ,但发现此时的比值差为-0.672%,此误差数值大大超过了 $\pm 0.20\%$ 的要求^[2],又对同一电流回路中 CT_1 进行了误差试验,发现在70% I_N 时比值差为-0.125%,在78% I_N 时比值差为-0.182%,按此趋势,估计在100% I_N 时比值差可能也会超过 $\pm 0.20\%$,由于设备容量有限,没有获取到100% I_N 时的比值差数值。在此过程中,也分别做了 CT_8 和 CT_1 的2500A/1A的变比的误差数据,结果 CT_8 在90% I_N 时比值差为-1.106%, CT_1 在92% I_N 时比值差为-0.429%。这些数据均超过了 $\pm 0.20\%$ 的要求。

在此基础上,又对B相的电流互感器进行了试验,所获数据所表现的现象和A相相似,也都存在不同程度的超差现象。过程中,厂方希望从一次高压套管加入一次电流信号,但由于从套管加大的一次电流信号需要很大的电源和设备容量,没能实施这种方案,而我们则希望能将CT从H-GIS中拆出来试验,但厂家不同意该要求。

在没有好的手段来确定和证实电流互感器超差情况下,用同样的设备、相同的试验接线对甲站中220kV GIS中的母联电流互感器进行了误差试验,因为母联中的电流互感器的变比为2500A/1A,等级为0.2S级,这样相当于用替代法对测试设备进行验证,结果母联的三相(A、B、C)互感器的误差在90% I_N 时误差(比值差和相位差)分别为0.008%/

0.30'、-0.005%/0.40'、-0.019%/4.5'。这些误差不仅满足0.2S级的要求,而且数值相当小。

为了慎重起见,又对乙站(正在安装中且为同一厂家)的电流互感器进行了现场试验。在安装工地,发现电流互感器是在厂内和断路器一起组装完成后整体运来的。这一部件叫CB件,见图4。任选一个CB件,直接在A、B点通过线夹给CT加载一次电流,测试发现,在80% I_N 时 CT_1 的误差为-0.659%/17.9',82% I_N 时 CT_8 的误差为-1.072%/26.3',同时也测了2500A/1A的变比,在96% I_N 时误差分别为 CT_1 为-1.033%/28.2', CT_8 为-1.211%/31.8'。

这些年,厂家做了很多220kV及以下GIS中的电流互感器的误差试验,一般遇到这种误差极度异常的互感器,常常会怀疑是否是计量用CT和保护用CT安装反了,事实上确实有很多最终确定是这种情况,为此查阅了施工方所做的CT伏安特性的数据,结果显示其数据和厂家提供的伏安特性一致。同时也做了这一回路的两只5P30级保护用 CT_7 和 CT_2 的误差,在80% I_N 时所测误差(变比为3000A/1A)分别为:-0.023%/0.9'和-0.007%/1.1'。

4 问题的焦点及最终解决

问题出现后,厂方人员通过试验和分析认为,造成互感器误差异常的原因,是由于设备容量太小从而引起一次电流信号的波形畸变所致。

为了减小一次回路面积,提高升流能力,将一次电流的线夹夹在C、B两处,见图5,测试对象仍然是 CT_8 ,结果在100% I_N 时的误差(3000A/1A)为-2.20%/52.8'。

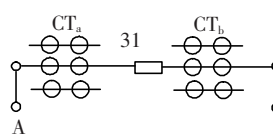


图4 CB件示意图

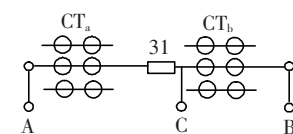


图5 CB件示意图

以上各种试验方案的数据均显示,在70% I_N 以上时,误差均存在往负方向剧增的现象且超差严重,为此判定这两个站的计量用电流互感器为不合格。

其后,厂家通过试验分析认为,由于设备容量太小引起的波形畸变只是造成电流互感器误差异常的原因之一,造成甲、乙站H-GIS中0.2S级电流互感器误差异常的主要原因是由于0.2S级电流互感器的位置不合适,应将 CT_1 、 CT_8 的位置由最上端改成放置在两个5P30等级的CT之间(现场的具体情况是每个桶内分别装4个电流互感器线包,自上而下的顺序为:0.2S级、5P30级、TPY级、TPY级。由于只有1个5P30级电流互感器和2只TPY级电流互感器,故实际现场更换的位置是将0.2S级电流互感器更换至两个TPY级电流互感器之间,更换后自上而

下的顺序为:5P30级、TPY级、0.2S级、TPY级)。于是厂方将两个站所有的0.2S级电流互感器均更换至两个TPY级电流互感器之间。

更换完成后,采用3只24kV·A的升流器用串联的方式对乙站H-GIS中5042开关侧C相的0.2S级电流互感器进行试验。按厂家的要求,一次电流回路拉的很长,结果一次电流也只能升到 $90\%I_N$,此时 CT_1 、 CT_8 的比值差分别为 -0.250% 、 -0.130% 。采用4只24kV·A的升流器相串联,在 $100\%I_N$ 情况下,获得的 CT_1 、 CT_8 的误差分别为: -0.361% 、 -0.170% ,在 $110\%I_N$ 情况下的误差分别为: -0.515% 、 -0.235% 。由此可见,虽然未能将一次电流升到 $120\%I_N$,但即使更换了0.2S级CT的位置,采用从两个地刀送入一次电流信号的方案,所获得的误差数据依然超差。

为了获得大容量的升流设备,厂家从其国内将大容量的升流设备运至甲站。在甲站对0.2S级单体CT进行了误差试验,该只CT是事先从乙站的一个CB件中拆出后运至甲站的。该只CT曾做过单体误差试验,当时按照厂方的试验要求(一次回路面积较大,且拐弯处取垂直走向),对3000/1变比、在 $70\%I_N$ 时的比值差为 -0.089% 。而不按照厂方的要求时(一次回路面积相对较小,拐弯处取锐角走向),一次电流可升到 $87.1\%I_N$,此时的比值差为 -0.497% ,在 $70\%I_N$ 时的比值差在 -0.130% 。这一次,按照厂方的一次电流走线的要求,获得的误差数据见表1。

表1 特定条件下的单体试验误差数据

变比	误差	额定电流百分值				二次负荷	
		5	20	100	120	VA	$\cos\varphi$
3000/1	$f/\%$	-0.091	-0.076	-0.074	-0.093	20	0.8
	$\delta/(')$	4.0	2.6	1.2	1.4		
	$f/\%$	-0.027		-0.025		5	0.8
	$\delta/(')$	1.7		0.6			

注: f 为比值差; δ 为相位差。

从表1的误差数据情况及以前的数据分析,可得出以下结论:该只0.2S级单体CT的误差在特定的试验方式下满足《电能计量装置现场检验作业指导书》^[3]和JJG 313-1994《测量用电流互感器》^[2]中关于0.2S级电流互感器的误差极限要求,且与不按照厂方指定的特殊一次电流的走线方式获得的误差数据有较大的差别,据此可得出,该只CT受工作电磁场的影响很大。

其后又对甲站的H-GIS中的电流互感器重新进行了现场试验,结果仍然超差严重,最大误差达到了 -0.957% 。

由于送电时间比较紧,作为一种补救方案,厂方决定从其国内紧急运来一批5P30级的电流互感器,人为地在CB件的每个A、B桶内增加一个5P30

级的电流互感器,这样就可以将0.2S级电流互感器置于两个5P30级的电流互感器之间,结果最终的互感器自上而下的位置是:5P30级、0.2S级、5P30级、TPY、TPY。通过再次对甲站的电流互感器进行现场测试,结果全部合格。

5 原因分析

通过被检互感器的壳体外的单体试验和在壳体内试验,认为造成此次误差异常的最主要的原因是,其用来制作0.2S级电流互感器的铁心材料在加装保护盒前可能没有采取屏蔽措施,从而导致互感器对电磁场很敏感。这一点在被检互感器的壳体外单体试验时表现的较为明显。整改后误差得以改善的主要原因是:将0.2S级电流互感器置于两个5P30级的电流互感器之间,保护级电流互感器相当于给0.2S级电流互感器加了电磁屏蔽,减小了返回导体导致局部饱和;厂方给产品增加了防铁心局部饱和措施。

6 结语

(1)目前国内针对高压大电流互感器的现场误差试验,提出了好几种在小电流下推算大电流时的误差的方法,这些方法对设计良好的大电流互感器来说在一定的条件下是可行的,但对此次超差事件来说,这些方法的空白点恰恰在此,如果不将一次电流加到2000A左右,是无法发现这一缺陷的。在这一事件中,曾就一次升流的问题咨询过国内的一些兄弟单位和专家,如武汉、广东、福建等,对于大电流互感器的现场试验,他们也没有更好的办法,除了传统的方法外,就是用在小电流下推算大电流时的误差方法。

(2)通过这一事件,同样还折射出目前计量用电流互感器在实验室以及现场检定或试验时所依据的规程和标准存在不完善的地方。如此次对该厂家的H-GIS中的0.2S级电流互感器进行单体试验时,按照我们的试验方法进行一次电流布线时误差严重超差,但按照厂家特定的一次电流布线方式时,却能获得合格的数据。这时无法判定单体试品到底合格还是不合格,因为无论是在JJG 313-94《测量用电流互感器》检定规程还是《电能计量装置现场检验作业指导书》^[3]中,均没有对计量用互感器在实验室以及现场检定或试验时的一次电流布线方式(如一次电流回路拐弯处的角度等)加以规定和说明,同时对检定和试验过程中使用的升流器、调压器、大电流电缆产生的电磁场均作出如下规定:存在于工作场所周围与检定工作无关的电磁场所引起的测量误差,不应大于被检电流互感器误差限值的1/20;用于检定工作的升流器、调压器、大电流电缆等所引起的测量

误差,不应大于被检电流互感器误差限值的1/10。在整个事件中,厂家一直在质疑的信号波形畸变以及与测试工作有关的电磁场对其产品产生影响,但无法从规程或指导书中拿出很令人信服的条款来证明用于测试工作的升流器、调压器、大电流电缆等引起的测量误差没有大于被检电流互感器误差限值的1/10。实际上,由于被试品没有采取屏蔽措施,试验设备产生的电磁场对被试品的测量误差产生了较大的影响,甚至远远超过了被检电流互感器误差限值的1/10,但这是由于被试品没有采取屏蔽措施所致,而不是其他原因。

(上接第98页)

(2)均压电容器采用硅橡胶垫圈与盖子密封。而电容器油(二芳基乙烷、苄基甲苯等)本身就是有机溶剂,可将橡胶上的杂质(填充剂、颜料、润滑剂、硫化剂等)溶于油中,造成 $\tan\delta$ 上升。国外有使用氟胶材料做密封垫圈,如杜邦公司Viton胶,效果非常好,但价格昂贵,无法接受。可采用前处理溶解方法,以二芳基乙烷为例,将成形的硅橡胶密封垫圈,在100℃热二芳基乙烷中预先处理10~12h后使用,可以得到二芳基乙烷的 $\tan\delta$ 上升接近零^[5]。

(3)此外,在装配过程中应尽可能地减少杂质混入产品的可能。比如,在有油装配、无法戴手套时,操作者手中的汗水就有可能混入溶剂中,汗水中的离子杂质对介质损耗的影响比空调过滤的灰尘(SiO_2 、

(3)由于国内缺少大容量的适用于现场的升流设备,对近几年进口的国外GIS中的大变比电流互感器,显得越来越无能为力。因为国外的厂家均不允许从地刀送入一次电流,仅同意从高压一次套管加电流信号,这给从事互感器现场误差试验的人员带来了很大的挑战。

参考文献:

- [1] 徐家恒. 126 kV GIS中互感器的误差试验[J]. 高压电器, 2003, 39(2): 56-58.
- [2] JJG 313-94. 测量用电流互感器 检定规程[S].
- [3] 电能计量装置现场检验作业指导书[S].

Al_2O_3 等非离子)^[5]的影响要大得多。汗水这些不被人注意的杂质就有可能为产品 $\tan\delta$ 的变大留下隐患。

参考文献:

- [1] 李建明, 朱康. 高压电气设备试验方法[M]. 四川电力试验研究院, 2001.
- [2] 电力设备预防性试验规程(试用版)[M]. 安徽省电力公司, 2005.
- [3] 许沛丰, 高军委, 张予洛, 等. 对断路器电容器电容及介损测量预试方法的探讨[J]. 电力电容器, 2007(4): 17-19.
- [4] 宁风辉. 浅谈断路器电容器介质损耗问题[J]. 电力电容器, 2002(4): 13, 14.
- [5] 宁风辉. 550 kV双断口 SF_6 断路器用全膜断路器电容器的研究[M]. 西安交通大学, 2002.

(上接第101页)

控制功率小的电力电子器件IGCT反并联组成,通过智能微控制器dsPIC根据输入控制命令控制其通断,实现开关的无触点分合闸控制,并可实现保护、测量、显示及通信等功能,进一步完善应用后,可极大地提高供电系统的可靠性,提高开关设备的性能指标,具有很高的实用价值和应用前景。系统采取EMC对策,如设计PCB板布局走线、设计屏蔽体、设计安全的电源与接地系统、采取干扰滤波或隔离措施、软件抗干扰等,可达到较好的电磁兼容性。

参考文献:

- [1] 于庆广, 官荷林, 李建勋. 智能无触点开关及双回路电源自动投切装置[J]. 电工技术杂志, 2004(5): 72-73.
- [2] 卢宇. 智能开关技术在电力系统中的应用[D]. 武汉: 华中

科技大学, 2003.

- [3] DHALAAN S M S. Contactless Circuit Breaker Protection For AC Line Commutated Thyristor Converter [C]// Proceedings of the 2002 IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering, 2002: 236-239.
- [4] SCHRODER S, BLOH J V, DE DONCKER R W. A GCT-driver Optimized for Soft-dwitching High-power Inverters with Short Circuit Protection [C]// 2004 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2004: 105-111.
- [5] 程健, 冯士芬, 许成金. 新一代无触点开关——电子断路器[J]. 电气开关, 1999(4): 1-3.
- [6] 杨奇逊, 黄少锋. 微型机继电保护基础(第2版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [7] Microchip dsPIC30F Family Reference Manual [DB/CD]. Microchip Technology Inc., 2005.