

电容型电流互感器现场试验 $\tan \delta$ 值异常的分析及解决方法

李涛¹, 杜晓平¹, 陈瑞林²

(1. 山东临沂供电公司, 山东 临沂 276003; 2. 山东临清供电公司, 山东 临清 252000)

摘要: 针对某变电站现场预试测量电容型电流互感器(型号: LB6-110W)中出现的 $\tan \delta$ 为异常值的情况, 进行了现场分析, 指出了产生的原因, 并提出了切实可行的解决办法。总结了现场试验测量中的有关问题, 并就如何提高数据正确程度提出一些建议, 并根据现场实际情况进行误差校正分析。现场试验表明, 所采用消除方法可消除现场干扰, 所得数据完全满足试验。

关键词: 电容型电流互感器; 试验现场; 异常; 介质损耗 ($\tan \delta$)

Solution to abnormal $\tan \delta$ value problem in field test of capacitive current transformer

LI Tao¹, DU Xiao-ping¹, CHEN Rui-lin²

(1. Linyi Power Supply Company, Linyi 276003, China; 2. Linqing Power Supply Company, Linqing 252000, China)

Abstract: To solve the problem of abnormal $\tan \delta$ value in field test of some capacitive current transformer (LB6-110W), this paper analyzes abnormal phenomenon and gives some feasible methods to resolve the abnormal $\tan \delta$. On this basis, some problems worth attention are indicated concerning CT operation, maintenance, and test. Test data makes it clear that improved test method adapts to on-site test.

Key words: capacitive current transformer; field test; abnormal; dielectric loss ($\tan \delta$)

中图分类号: TM452 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)20-0120-03

0 引言

电容式电流互感器(CT), 在 110 kV 以上的系统中正在逐步替换原有的电磁式电流互感器, 成为系统中一种必不可少的设备。目前的电容式电流互感器现场试验时, 由于各种原因给现场绝缘测量造成了一定的困难, 现场测量时的问题较多。因此, 有必要对电容式电流互感器试验中各种测量误差及消除的方法进行探讨, 寻求既切实可行又简便的测量方法供广大试验人员使用, 本文将对这一问题进行探讨。

1 CT 介损偏大的分析及处理

1.1 CT 介损偏大的现场分析

2008 年春检当中测量(正接线)某 220 kV 变电站 110 kV 160 CT(型号 LB6-110W)时(天气晴, 10℃), 测量 A, B 相完全符合 DL/T 596-1996《电力设备预防性试验规程》^[1]要求(110 kV 运行中的油纸电容型电流互感器 $\tan \delta$ 不大于 0.8%), 但是在测量 C 相时, $\tan \delta$: 3.35%, C_X : 555.7 PF, C_N : 552.4PF, 小套管绝缘电阻: 7 000 MΩ。考虑可能是瓷套表面泄漏影响, 擦净瓷套表面后, 测试 $\tan \delta$: 3.32%;

擦拭小套管后复试 $\tan \delta$: 3.29% 仍无太大变化, 打磨设备顶部与小套管引出部分, 使之与高压线和仪器测试线接触良好, 再次复试, 试验数据合格。C 相测试结果如表 1 所示。

表 1 160 CT 测量数据比较
Tab.1 On site test data of 160 CT

C 相 处理情况	试验 方法	$\tan \delta$ /(%)	C_X 试验 值/PF	C_X 出厂 值/PF	ΔC /(%)
无处理	10 kV 正接线	3.35	555.7	552.4	0.59
擦净瓷套	10 kV 正接线	3.32	554.3	552.4	0.34
擦净末屏	10 kV 正接线	3.29	553.9	552.4	0.24
引线接触 良好	10 kV 正接线	0.35	553.7	552.4	0.23

1.2 CT 介损偏大的理论分析

当测试电桥高压引线或测量线 C_X 引出线与被试品接触不良时, 相当于被试品的支路串联了一个附加电阻 R_F , 等值电路和向量图如图 1、2 所示。

图 1 中, C_N 为标准电容, $R_3 R_4 C_4$ 为电桥的桥臂参数, C_X, R_X 为被试互感器的等值电容和电阻, R_F 为附加电阻。

由向量图 2 可知, 该附加电阻在交流电压的作

用下会产生有功损耗的附加损耗与被试品自身有功损耗叠加, 使测量的介质损耗因数 $\tan \delta$ 增大。从理论得知, $\tan \delta = \omega R_x C_x^{[2]}$, 由于 R_x 的增大, C_x 不变, 所以导致测量的 $\tan \delta$ 增大, 甚至大大超过了《规程》的限值。

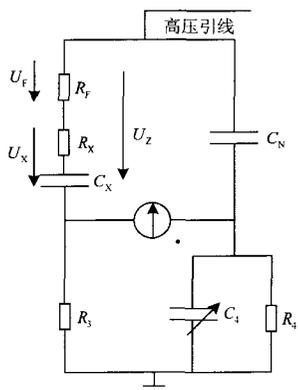


图 1 测量等值电路

Fig.1 Equivalent circuit of measuring C_x

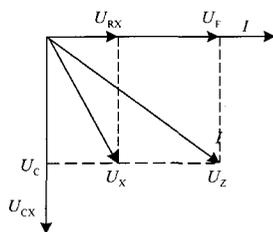


图 2 考虑 R_f 向量图

Fig.2 Vector diagram considering R_f

2 CT 介损为负值的分析及处理

2.1 CT 介损为负值的现场分析

2007 年测量 (正接线) 110 kV 某化工厂 102 电容型 CT (型号 LB6-110W) 时 (天气晴, 23°C), 全站停电, 测量的 $\tan \delta$ 为负值。测量值如表 2 所示。

表 2 102 CT 测量数据

Tab.2 On site test data of 102 CT

试验位置	试验方法	$\tan \delta$ / (%)	C_x 试验值/PF	C_x 出厂值/PF	ΔC / (%)
A 相	10 kV 正接线	-1.28	424.3	426.6	-0.54
B 相	10 kV 正接线	-1.31	429.6	431.3	-0.39
C 相	10 kV 正接线	-1.29	427.2	429.8	-0.60

2.2 CT 介损为负值的理论分析

经检查, 互感器的底座由于腐蚀 (化工厂酸度大, 腐蚀严重), 导致互感器法兰接地不良, 使测试仪器接地与互感器法兰之间存在一电阻 R_0 , 等值电路如图 3 所示。

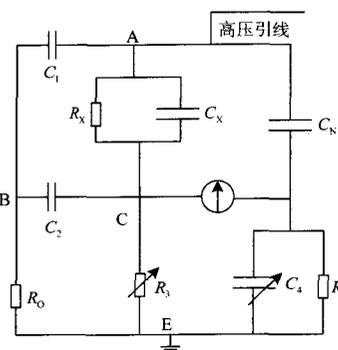


图 3 测量等值电路

Fig.3 Equivalent circuit of measuring C_x

图 3 中, C_N 为标准电容, $R_3 R_4 C_4$ 为电桥的桥臂参数, $C_x R_x$ 为被试互感器的等值电容和电阻, R_0 为附加电阻, C_1 为互感器对法兰的等效分布电容, C_2 为互感器的法兰与测量屏间的电容。

将由 C_1, C_2, R_0 组成的星形阻抗转换为三角形阻抗^[3], 其与试品 R_x, C_x 并联的等值阻抗 Z_{AC} 用公式表示为:

$$Z_{AC} = Z_{AB} + Z_{BC} + \frac{(Z_{AB}Z_{BC})}{Z_{BE}} \quad (1)$$

考虑到实际情况 $|Z_{BE}| \ll |Z_{AB}|; |Z_{BE}| \ll |Z_{BC}|$, 式

$$(1) \text{ 可简化成 } Z_{AC} = \frac{(Z_{AB}Z_{BC})}{Z_{BE}} \text{ 即:}$$

$$Z_{AC} = \frac{1}{j\omega C_1} \cdot \frac{1}{j\omega C_2} \cdot \frac{1}{R_0} = -\frac{1}{\omega^2 C_1 C_2 R_0} \quad (2)$$

由此可得其导纳

$$Y_{AC} = \frac{1}{Z_{AC}} = -\omega^2 C_1 C_2 R_0 \quad (3)$$

试品导纳可以表示为

$$Y_x = R_x + j\omega C_x \quad (4)$$

由于 $Z_{AC}(Y_{AC})$ 与 Y_x 并联, 因此考虑到 R_0 的影响, 由公式 (3)、(4) 可得互感器的等值导纳

$$Y'x = Y_{AC} + Y_x = (R_x - \omega^2 C_1 C_2 R_0) + j\omega C_x \quad (5)$$

即其导纳实部由 R_x 变成 $R_x - \omega^2 C_1 C_2 R_0$, 此

时则由式 (5) 可得试品的介质损耗:

$$\tan \delta'_x = \frac{(R_x - \omega^2 C_1 C_2 R_0)}{\omega C_x} = \tan \delta_x - \frac{\omega C_1 C_2 R_0}{C_x} \quad (6)$$

由此可见, 由于 R_0 的存在, 将使试品的介质损耗测量值偏小。若试品本身的介质损耗值较小, 而 R_0 的数值又较大, 则将出现负的介质损耗的测试结果。将测试电桥的接地线与被试品的法兰接在一起

接地,重新测试的试验值如表 3 所示,完全符合《规程》要求。

表 3 102 CT 测试数据比较

Tab.3 On site test data of 102 CT

试验位置	试验方法	$\tan \delta$ / (%)	C_x 试验值/PF	C_x 出厂值/PF	ΔC / (%)
A 相	10 kV 正接线	0.25	423.6	426.6	-0.70
B 相	10 kV 正接线	0.28	428.7	431.3	-0.60
C 相	10 kV 正接线	0.23	425.9	429.8	-0.91

3 结论

通过以上分析可知,对电容型电流互感器进行电容量及介损系数测试时,应对测试结果根据现场实际情况进行分析校正,才能反映电容型电流互感器绝缘老化的真实情况。现场试验表明,所采用方法可消除现场干扰,所得数据完全满足试验要求。

参考文献

[1] DL/T 596-1996. 电力设备预防性试验规程[M].北京:中国电力出版社,1996.
 [2] 陈化钢. 电力设备预防性试验方法及诊断技术[M].北

京:中国科学技术出版社,2001.

CHEN Hua-gang. The Preventive Test Technology of Apparatus[M].Beijing:The Scientific Technology Press of China,2001.

[3] 林则忠. 9 台电容式电流互感器验收试验结果的分析[J]. 高电压技术, 2007, (4):82-83.
 LIN Ze-zhong. Analysis of the Acceptance Test Results of 9 Capacitive CT's[J].High Voltage Engineering, 2007,(4):82-83.
 [4] 张仁豫,陈昌渔,王昌长.高电压试验技术[M].北京:清华大学出版社,2003.
 ZHANG Ren-yu,CHEN Chang-yu,WANG Chang-chang. The High-voltage Test Technology[M].Beijing:Tsinghua University Press,2003.

收稿日期:2008-11-02; 修回日期:2009-06-22

作者简介:

李涛(1977-),男,硕士,研究方向为电力系统高压技术监督与设备维护;E-mail: litao4541@126.com

杜晓平(1978-),女,硕士,研究方向为电力系统调度自动化;

陈瑞林(1975-),男,工程师,研究方向为电力系统技术管理与设备维护。

(上接第 116 页, continued from page 116)

表1 与相控整流电源系统的性能指标比较

Tab.1 Performance indexes comparing with phase-controlled power system

比较项目	直流操作电源管理系统	相控整流电源系统
效率/体积	效率高(92%以上)、相同容量情况下体积小、重量轻	效率低(低于80%),由于存在变压器或者电抗器,体积大,笨重
电池管理	计算机智能管理	人工管理或者计算机管理
操作界面	数字化的可视人机交互操作界面	一般采用模拟操作,传统的模拟表头界面
维护特性	可更换的模块化结构,方便维护	不可整体结构设计,维护困难
输出控制	采用直流空气断路器,操作简单,控制方便	一般采用熔断器结构,保护后需要更换,操作比较困难
可靠性	N+1充电模块备份结构,提高可靠性	为了达到高可靠性,必须设计为双充电机结构
通信接口	RS232 / 485接口	一般无通信接口

系统引入的容量控制充电法可以延长蓄电池的使用寿命,交直流一体化及通信电源的整合,可以降低运行成本,具有很高的性价比和市场竞争能力。直流操作电源中的逆变模块作为系统的经常性负荷,所产生的噪声有可能串入直流部分,影响到直流电压输出的精度,以后还需要不断改进。直流操作电源长期运行的可靠性也是今后关注的重点。

参考文献

[1] 万山明. TMS320F281xDSP 原理及应用实例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.131-137.
 [2] 刘志刚. 电力电子学[M].北京:清华大学出版社,2004. 159-162.

[3] 求是科技. Visual Basic6.0 程序设计与开发技术大全[M].北京:人民邮电出版社,2004.

收稿日期:2008-11-06; 修回日期:2008-12-02

作者简介:

熊军华(1973-),女,讲师,硕士,主要从事电力系统自动化、电力电子及嵌入式系统教学与研究;E-mail: xiongjh@ncwu.edu.cn

王亭岭(1975-),男,讲师,硕士,主要从事自动化及嵌入式系统教学与研究;

徐荣(1975-),男,高工,学士,主要从事电力系统设计与研究。