

一起电压互感器现场试验 $\tan\delta$ 值为负的分析及解决方法

全朝春¹, 李爱元¹, 陈仕修², 杨龙华¹

(1. 株洲电业局, 湖南 株洲 412000; 2. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

Solution to Negative $\tan\delta$ Value Problem in Field Test of a Transformer Substation

QUAN Zhao-chun¹, LI Ai-yuan¹, CHEN Shi-xiu², YANG Long-hua¹

(1. Zhuzhou Electric Power Bureau, Zhuzhou 412000, China;

2. The School of Electric Power Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

摘要: 针对某变电站现场预试中出现的 $\tan\delta$ 为负值的情况进行了理论分析,并提出了一种切实可行的解决办法——微电流补偿法,解决了由电场干扰造成 $\tan\delta$ 值为负的问题,实践证明该办法简单可靠。

关键词: $\tan\delta$; 负值; 微电流补偿

中图分类号: TM86

文献标志码: A

Abstract: To solve the problem of negative $\tan\delta$ value in field test of some transformer substation, this paper analyzes this phenomenon and gives a feasible resolution-microcurrent compensation method to revolve the negative $\tan\delta$ due to the interference of electric field. This method is verified simple and reliable.

Key words: $\tan\delta$; negative; microcurrent compensation

0 引言

在某 110 kV 变电站的预试中发现,502 间隔电压互感器介质损耗 $\tan\delta=-0.12$, 并且其他变电站的现场试验中介质损耗 $\tan\delta$ 为负的情况也时有发生,但实际上 $-\tan\delta$ 仅是一个测量读数,并无真正的物理意义,它只说明流过电桥桥臂 R_3 的电流 I_X 超前于流过电桥桥臂 Z_4 的电流 I_N ,因此探究该现象发生的原因及提出相应的解决办法具有重要的现实意义。

1 影响测量的因素

从理论上讲对现场测量的主要因素有湿度、污秽度及电场和磁场。在现场试验时,由于临近高压设备带电运行,这些带电设备产生的强电场、磁场干扰将通过电磁感应对测试产生严重的影响,给试验带来较大的误差,严重时可能导致值为负。此外,当

空气相对湿度较大时,由于试品表面电导增大,其泄漏电流的分流作用也会使测量结果产生较大误差,甚至为负值。

1.1 湿度及表面污秽度对测量 $\tan\delta$ 的影响

电压互感器套管的等效电路见图 1^[1]。图中: R_1 、 R_2 为瓷套表面的等值分布电阻; C_1 、 C_2 为套管电容层电容; C 为套管电容层与瓷套表面的等效电容,试验时原理接线常采用正接法,电路图见图 2。由图 2 可知,当相对湿度较大或者瓷套表面脏污时由于瓷套表面泄漏电流较大从而产生了分流作用使得流过 R_2 的电流 I_R 较大,当由于 I_R 的分流使得 I_X 超前于 I_N 时,就会产生 $-\tan\delta$ 的测量结果,当由于该原因出现的 $-\tan\delta$ 时应当清洁瓷套表面并用电吹风等烘干瓷套表面及小套管和二次接线板并涂硅油后才能测量。

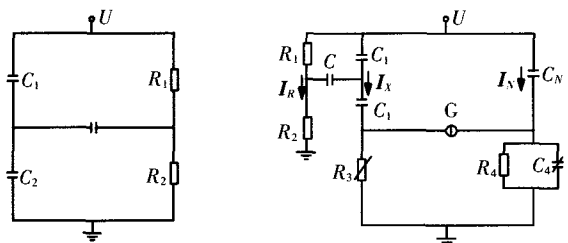


图1 电压互感器套管的等效电路图 图2 正接法试验原理接线图

1.2 磁场干扰对测量 $\tan\delta$ 的影响

当被试品位于电抗器阻波器等漏磁通比较大的设备时,常常会受到磁场的干扰,磁场的干扰相当于在电桥的检流计回路中串入了一个固定的感应电压 U 及等值阻抗 Z_g , 当试品受到磁场干扰时的等效电路见图 3(a)^[2], 此时的电压相位图见图 3(b)。图中无磁场干扰电桥平衡时 $U_{01}=U_{02}$, 电桥 R_3 上的电压与 C_N 上的电压成 δ 角。当存在磁场干扰时将在检

流计回路中产生 ΔU , 此时调节电桥调节 R_3 使得 U_{01} 沿原方向增加为 U_{01}' , 调节 C_4 改变 U_{02} 的相位使之变为 U_{02}' , 则根据电桥平衡由 $U_{02}' = U + U_{01}'$, 夹角也相应由 δ 变为 δ' , 此时流过 C_X 的电流相位超前于流过 C_N 的电流相位, 从而使得 $\tan\delta$ 出现负值。出现该情况应该采取将电桥移到磁场干扰以外或者将被试品屏蔽。

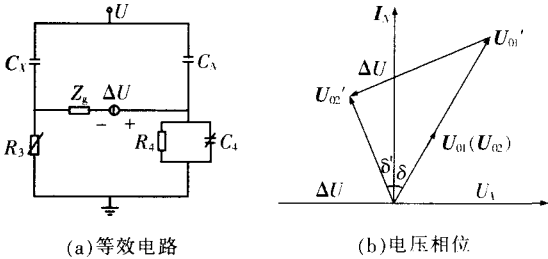


图3 存在磁场干扰时的等效电路与电压相位图

1.3 电场干扰对测量 $\tan\delta$ 的影响

当被试品附近存在电场时通过被试品与外界带电设备间的电容耦合在被试品上产生干扰电流, 改变电桥平衡, 从而也可能造成 $\tan\delta$ 为负。其等效电路见图4。

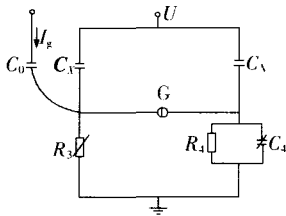


图4 存在电场干扰时的等效电路图

由于电容耦合使得电桥上产生干扰电流, 此时电桥上干扰电流的大小和方向取决于干扰源和试验电压的大小, 严重时将导致测量结果 $\tan\delta$ 值出现负值。当由于电场干扰因素导致 $\tan\delta$ 值为负时应该对被试品采取屏蔽措施(被试品体积较小时)或者采用微电流补偿。

2 现场分析

现场试验采用末屏法, 试验接线见图5。现场的主接线及带电设备见图6。

图中被试品 5X14 C 相 PT 靠近带电线路支线1, 由图可见在被试品——C 相电压互感器附近没有电抗器阻波器等强漏磁设备, 因此可以排除磁场干扰。此时环境湿度为 72%, 比较适合于高压试验, 再将被

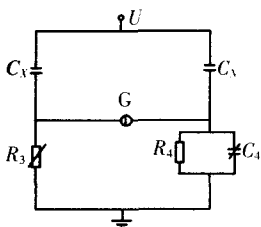


图5 现场试验接线图

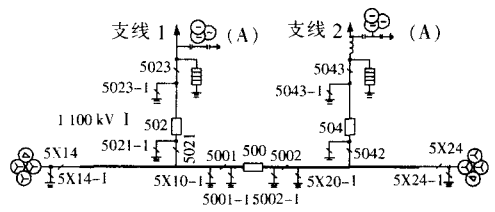


图6 试验现场相关部分主接线图

试品清洗干净, 将套管、末屏、二次接线板烘干后再次试验, 试验结果也基本不变, 依此, 湿度对试验结果的影响也基本可以排除。而被试品附近 504 间隔带电, 其高压引线将对被试品产生电容耦合, 因此, 电场干扰可能是影响 $\tan\delta$ 测量结果的最大因素。

3 现场解决办法

为消除现场带电设备产生的电场电容耦合对试验结果的影响, 采取了微电流补偿法进行消除影响, 试验接线见图7。

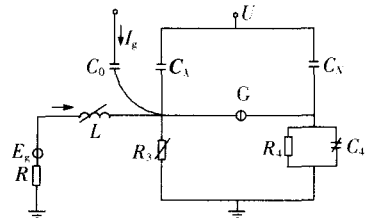


图7 采用微电流补偿法的原理接线图

原理: 为消除耦合电容电流的影响, 向电桥注入感性电流对容性干扰电流进行补偿, 此补偿电流的大小由补偿电源进行调节, 相位由补偿电感调节。具体试验方法: 在未加试验电压时, 调节补偿电源电感的大小从而调节补偿电流, 使电桥达到平衡, 然后加试验电压再次调节电桥使之达到平衡, 最后所测得的介损值即为实际的介损 $\tan\delta$ 值。现场中, 经过采取此种补偿措施后, 测得的介损值为 $\tan\delta=0.23$, 与交接试验时测得的介损值 $\tan\delta=0.22$ 基本一致, 因此用此方法测得的 $\tan\delta$ 值真实可靠。从实践中可以看到, 该方法原理简单, 所用设备比较简单, 接线也不复杂, 所得到的实验结果却很真实。

4 结语

现场试验时, 经常出现 $\tan\delta$ 值为负的情形, 根据现场实际情况进行具体分析, 并采取相应的措施, 可以减少或清除现场环境的影响, 从而测得较为准确的 $\tan\delta$ 值。尤其对于存在电场干扰时电流补偿法更为有效。

参考文献:

- [1] 朱德恒. 高电压绝缘[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988.
- [2] 甘肃电力工业局. 电气试验 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.