

# 通过故障录波检查变压器差动回路接线以及系统试验方法

卢庆港<sup>1</sup>, 乐晓蓉<sup>2</sup>

(1. 上海宝钢安大电能质量有限公司, 上海 201901; 2. 苏州工艺美术职业技术学院, 江苏 苏州 215104)

**摘要:** 变压器的差动保护容易出现 CT 极性接反、相序错误以及端子接触不良等问题, 通过对典型 Y/ $\Delta$ -11 变压器差动二次接线问题以及 P63X 保护原理的分析, 在变压器投运前, 接入 380 V 交流电源模拟实际运行, 配合差动保护内部的故障录波功能, 能够快速全面地检查差动二次回路, 确保差动保护动作的正确性。

**关键词:** 变压器; 差动保护; 故障录波; 系统试验; 380 V

## Transformer differential circuit connection checked by fault recorder and system test method

LU Qing-gang<sup>1</sup>, LE Xiao-rong<sup>2</sup>

(1. Shanghai ISSON Power Quality Co., Shanghai 201901, China;

2. Suzhou Art & Design Technology Institute, Suzhou 215104, China)

**Abstract:** Bad contact, phase sequence error, polarity error, etc are easy to occur in transformer differential protection. Through analyzing the typical Y/ $\Delta$ -11 transformer differential secondary connection and the principle of protection P63X, the 380V AC power is used to simulate the practical operation before the transformer is put into use. With the function of fault recorder in the protection, this method can check differential secondary connection quickly and completely and ensure the validity of differential protection.

**Key words:** transformer; differential protection; fault recorder; system test; 380 V

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)18-0142-03

## 0 引言

变压器是工业配电系统的关键元件, 直接影响供电可靠性和系统的正常运行, 若变压器差动保护的二次回路接线有误, 当变压器的负荷较大或发生穿越性相间短路时, 就会发生误跳闸, 导致巨大的停产损失; 若断路器的控制回路和差动保护接线错误, 一旦发生故障, 则可能会引起断路器误动或拒动, 造成变压器设备损坏甚至影响电网的稳定运行。

对设计以及施工单位而言, 由于差动保护的复杂性, 导致容易出现各种问题, 并且有的问题是隐性的, 需要在特定条件下才能触发表现出来。同时相对于电力系统的高度专业性而言, 工业系统由于技术人员水平参差不齐, 各试验过程之间没有较强的衔接, 在施工完成后由于仪器设备所限等因素, 通常采用绘制六角图等方式进行差动接线校验。经常出现变压器差动二次接线、变压器侧 CT 组别以及极性连接等错误, 当带上负载时差流过大导致差动跳闸, 延误工程的顺利进行, 必须采用特别的试

验方法, 确保差动保护能够正确可靠的动作。

## 1 常见问题以及波形

工程设计以及现场施工中, 在 CT 极性连接设计和施工质量等方面容易出现的问题, Y/ $\Delta$ -11 接线变压器现场遇到的问题如下:

① 某热轧厂 110/35 kV 主变新厂投产, 带上负荷时 1#主变差动跳闸录波, 检查后发现高压侧 B 相 CT 二次回路存在接触不良。

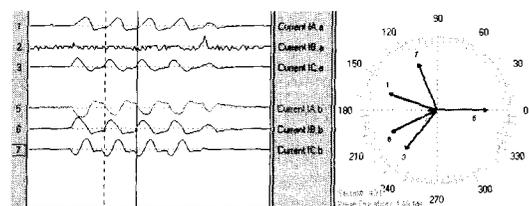


图 1 接触不良

Fig.1 Bad contact

② 某热轧厂 35/6 kV 变压器投运前没有进行系

统试验, 在投运后带负荷时出现跳闸, 设计图纸以及施工现场确认均正确, 根据波形分析结果, 检查发现变压器侧接线箱中的 CT 端子连片出厂时顺序连接错误, 导致差动测量到的电流相位与实际不一致, 差流过大保护跳闸。

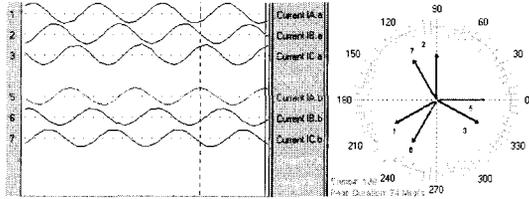


图 2 相序错误

Fig.2 Phase sequence error

③ 某钢管厂主变投运之前的 380 V 差动系统试验录波, 根据波形右边的罗盘图分析可得低压侧 CT 极性接反。

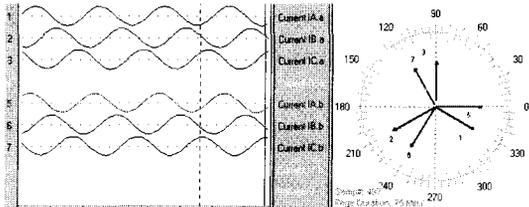


图 3 极性错误

Fig.3 Polarity error

## 2 变压器差动保护原理

差动保护作为变压器的主保护, 通过比较变压器各侧电流的相位和幅值来实现保护, 在正常运行或者变压器外部故障时, 流过继电器的电流为两侧电流之差, 当在保护区域内发生故障时, 流过的电流为两侧电流之和<sup>[1,2]</sup>, 继电器动作, 跳开主变进线开关。工业配电系统中的变压器通常为 Y/Δ-11、Δ/Y-11 接线, 两侧电流的相位差为 30°, 由于采用差动微机保护装置, 在主变保护设计中, 不再通过改变 CT 二次接线来实现星角变换补偿, 各侧统一使用 CT 星形接法, 在装置内部进行幅值和相位校正, 通过软件算法实现, P63X 在进行相位校正时, 象常规差动保护那样, 对低压侧进行移相向高压侧变换<sup>[3]</sup>。具体如图 4。

图 4 为 CT 一次侧电流矢量, 由于 P63X 规定以流入保护的方向为正向, 在微机保护内部将低压侧进行等效电流计算 (逆时针 30° 移相, 幅值为二者的线电流), 如图 4 左侧, 保护内部使用修正后的虚线表示的矢量进行两侧差流运算。按照差动保护原理, 在正常运行以及区外故障时主变两侧一次的

流进和流出的电流标么值相等, 但由于低压侧的同名端也朝向母线侧, 导致该侧 CT 感应的二次电流相位和实际一次电流相位相反相差 180°<sup>[4]</sup>, 因此, 高低压两侧的 CT 二次电流相位差为 330° - 180° = 150°。

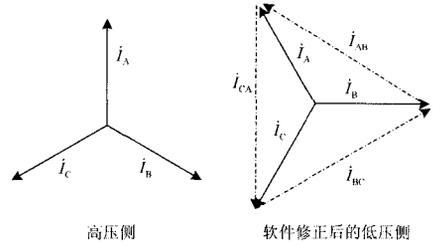


图 4 星角变换

Fig.4 Y/Δ transform

## 3 差动系统试验方法

为了保证变压器的可靠运行, 避免差动跳闸导致的停产损失, 有必要进行差动系统试验, 通常采用交流法、相位表法、直流感应法来确认接线的极性和组别, 采用功率表法和钳形功率因数表法绘制两侧的电流量六角图来分析差动接线的正确性<sup>[5]</sup>, 试验过程复杂, 工作量大, 并且由于试验过程不直观容易出错。另外现场也有采用数字录波仪记录两侧电流波形确认接线是否正确, 为了保证分析的正确性, 需要多个通道同时记录各侧的电流变化, 对仪器的精度要求较高, 在采集电流时需要改动主变保护柜内的接线, 容易导致主变误动以及人身事故。

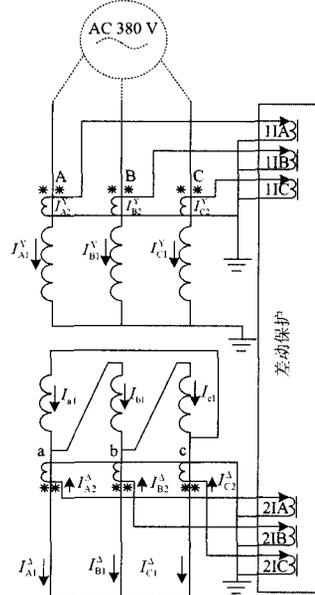


图 5 差动接线

Fig.5 Differential connection

结合上述问题，参考现场部分施工单位的试验方法，利用差动保护的故障录波功能，实现差动二次回路系统检查确认，该试验方法不用增加任何仪器，仅需要 AC380 V 试验电源，具有成本低、效率高、检查全面、可靠性高等优点，差动二次回路典型接线如图 5，其中虚线部分为试验需要临时增加。

采用三相 AC380 V 电源加到变压器的高压侧上，确认相序连接正确，低压侧短接，模拟负载情况下的电流状态，模拟变压器的重瓦斯等跳闸信号触发差动保护内部的故障录波，可一次性地系统检查整个差动电流回路，在差动保护内部直观地读出各相电流的幅值和相位，通过提取故障波形直观的分析，能够比常规测试方法更加准确地检查差动回路接线的正确性。某 Y/Δ-11 变压器正确接线时的两侧二次电流波形如图 6。

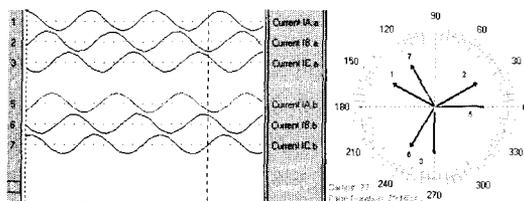


图 6 正确的两侧电流波形

Fig.6 Correct current wave of two sides

试验注意事项:

① 确认工程现场 AC380 V 电源容量是否满足要求，铺设的临时电缆必须考虑长度以及足够的容量。

② 低压侧短接后，由于进线回路的 CT 变比较大，相应二次电流较小，而微机保护在零值附近有非灵敏区，可能出现差动保护没有幅值和相位显示情况，但通过触发录波仍然能够记录波形。

③ 注意现场安全，试验期间与主变相关回路区域必须确认无人工作。

④ 试验时，在变压器侧模拟重瓦斯、超温、压力释放等变压器本体故障信号触发跳闸，在触发录波的同时检查确认跳闸回路的接线。

4 结论

通过直接提取差动内部的电流波形等数据，将常规复杂的变压器接线校验工作清晰直观化，对差动保护二次回路的变比和极性进行全面检查，由于此方法是模拟变压器的实际运行方式进行相位、相序检查，同时检查跳闸回路接线。能够发现施工中存在的隐蔽问题，因此，三相 380 V 电源检查变压器差动保护回路准确、简单、高效、经济。另外国内部分差动保护已经实现运行时，实时显示电压、电流、相位、差动电流、相序以及六角图等，而无需现场提取录波分析，让差动调试更加直观方便。

参考文献

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.  
 [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理(增订版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.  
 [3] AREVA, MiCOM P63X 技术说明书[Z].  
 [4] 吴克勤. 变压器极性与接线组别[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.  
 [5] 周武仲. 电力设备交接和预防性试验 200 例[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

收稿日期: 2008-09-22; 修回日期: 2008-11-28

作者简介:

卢庆港(1978-), 男, 从事厂矿企业的供配电自动化系统设计、集成以及项目管理工作; E-mail: luqinggang@263.net  
 乐晓蓉(1981-), 女, 研究生, 从事计算机教学与研究  
 工作。

环保部坚持节能减排“三不原则”

环境保护部污染排放总量控制司司长赵华林指出，虽然上半年我国节能减排取得了一定的成绩，但国际金融危机也对节能减排提出了挑战，对此环保部节能减排目标不变、力度不减、标准不降的“三不原则”绝不会因此改变。

据了解，受国际金融危机影响，我国节能减排工作也遇到严峻的挑战，主要表现在：某些地方节能减排在工作力度、工作意识上都有放松和下降的现象；已经建成的污染减排设施运转不畅，偷排和超标的现象比较多。环保部门在近期开展的建设项目专项执法检查中发现，有 20% 的项目存在未批先建的环境违法问题，25% 的重点污染源治理设施不能正常运转；节能减排资金投入不足，新开工项目数量减少，部分已开工项目进展缓慢；有些已经列入淘汰名单，或已经关停的企业又恢复生产；节能减排压力增大，一些高污染、高能耗行业重复建设的现象比较突出，钢铁、水泥、平板玻璃、煤化工设备等行业无序发展比较严重。

我国节能减排经过三年多的努力，虽然成绩显著，但要实现全年的节能减排任务和“十一五”节能减排的目标，任务还十分艰巨。对此赵华林指出：“应对国际金融危机，环保部将坚持节能减排政策‘三不原则’：目标不变，即‘十一五’期间主要污染物排放总量减少 10% 的目标必须完成；力度不减，该怎么抓还要怎么抓；执行的标准也不会有丝毫降低。”