

[变压器]

变压器差动保护一次通流试验的分析与应用

文/陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 李海鹏 杨育峰 思浪浪

在国内规模以上的企业或变电站基本都配置主变压器及主线路差动保护，传统校验方式因校验项目不系统，试验人员水平有限，导致不能及时发现并解决问题。现通过分析变压器差动保护一次侧通流试验，阐述通流试验工程实际应用情况，为变压器差动保护校验提供方法。

变压器的套管TA极性确认往往是由安装调试单位或者变压器厂家提供，但是经常因为安装调试单位安装人员未按照套管TA极性接线，以及交接试验不完善，造成变压器差动保护校验不准确。而安装单位质量控制人员或监理工程师对差动保护校验把关不严，导致保护校验质量验收顺利通过。仅当变压器一次侧受电冲击或者带负荷运行后才确认TA极性是否正确，往往伴随的都是差动保护跳闸，给建设单位受、用电计划带来影响。同时通过主变压器频繁受电来检验差动保护的 correctness，对一次设备及工作人员也是考验，并且带来风险。所以在主变压器计划受电前，完成主变压器TA极性的确认极其重要。

本文通过阐述某厂的一次侧通流试验校验经验，主要有差动保护的几种向量图识别或参数查看、一次侧通流试验前准备工作、一次侧通流试验方法及试验过程出现的问题及应对措施几方面，具体探讨通流试验的应用过程及实践效果。

差动保护TA极性判别方法

一次侧通流试验的主要目的就是模拟实际运行工况，通过查看二次电流的差流模拟量或在二次查看相位变化，最终判断校验TA极性的正确性。

1. 正确的模拟量显示及相位变化图

(1) 西门子7SD68保护装置二次模拟量显示值见表1，从中可以看出差动电流显示为零，具有一定的制动电流量。

表1 正确的差动模拟量二次显示值

差动电流	制动电流
$I_{dA}=0.0\%$	$I_{rA}=22.3\%$
$I_{dB}=0.0\%$	$I_{rB}=22.3\%$
$I_{dC}=0.0\%$	$I_{rC}=22.3\%$

(2) 如图1所示，借助相位仪从二次观看的正确相序及相位变化，以逆时针为超前，则电压超前电流，这是感性负载的相位变化情况。

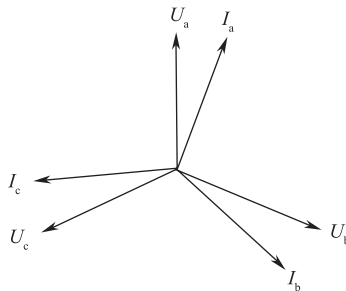


图1 正确的相序与极性

2. 错误的模拟量显示及相位变化图

差动保护相序与TA极性错误的情况下，其二次

模拟量见表2，相位变化如图2、3所示。

表2 错误的差动模拟量显示值 (单位: %)

差动电流	制动电流
$I_{dA}=17.0$	$I_{rA}=17.7$
$I_{dB}=8.3$	$I_{rB}=17.5$
$I_{dC}=8.4$	$I_{rC}=17.3$

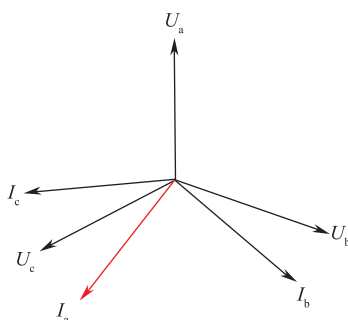


图2 A相TA极性错误

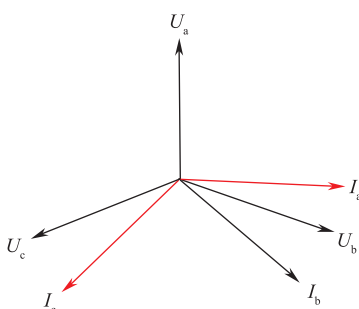


图3 相序及相位均错误

从表2可以看出，A相TA极性错误，工作人员只需要调整TA二次A相S1、S2接线即可，直到差流为零。但是在更改TA二次接线时，必须停电，确保二次不会因为开路产生高压。

从图2可以看出，A相TA的极性错误，需调整二次接线；而且发现若其中一相极性错误，则在相位变化中，其显示至对侧。

从图3可以看出，A、C相TA极性错误，且A、C相序反。极性错误，在确保断电的情况下，调整TA各问题相二次接线即可；相序错误，若一次相序没问题，则调换A、C相二次接线。

一次通流试验的准备

在做一次通流试验前，需要准备电源、计算短路电流及选取短路点等工作，即选择三相短路试验法。以该厂一台主变压器为例，计算短路电流，一次通流电压值为380 V。变压器基本参数见表3。

表3 变压器基本参数

变压器型号	SFZ10—90000/110/35		
高侧电流 I_{e1}/A	低侧电流 I_{e2}/A	短路阻抗 U_d (%)	空载电流 (%)
472	1 404.4	8.29	0.09

1) 根据表3，计算380 V电压下的相电流。根据变压器短路试验原理，求出短路试验电压的实名值为

$$U_1 = U_n U_d \quad (1)$$

$$\text{即 } U_1 = 110 \text{ kV} \times 8.29\% = 9.119 \text{ kV}$$

因为三相对称电路的计算一般采用单相算法，则单相电压为

$$U_2 = U_1 \div 1.732 = 5.265 \text{ kV} \quad (2)$$

根据短路试验所加的电压为5.265 kV，电流为变压器高侧额定电流 $I_{e1}=472 \text{ A}$ ，所以变压器短路阻抗为

$$R = U_2 / I_{e1} = 5.265 \text{ kV} / 472 \text{ A} = 11.15 \Omega \quad (3)$$

如果在线路上加380 V电压，则变压器的相电流为

$$I_1 = 380 / 1.732 / R = 19.68 \text{ A} \quad (4)$$

$$I_2 = I_1 \times 3.14 = 61.80 \text{ A} \quad (5)$$

注：式(5)中3.14指变压器一、二次电压比。

在差动继电器的变压器一次侧和二次侧显示的电流值为19.68 A和61.80 A，相位角。

2) 在短路点选取过程中，一般原则是高侧加流，低侧选取短路点。短路点选取图如图4所示。

注明：1#主变压器与2#主变压器35 kV短接处及管型母线短接处如图4所示。

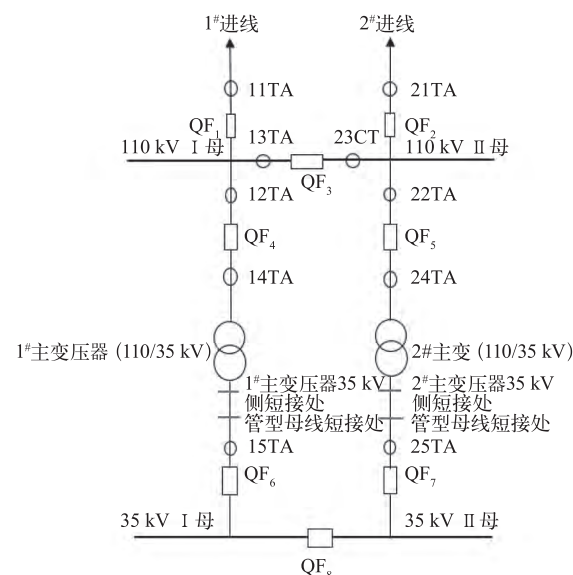


图4 短路点选取图

一次通流试验方法

做110 kV 2#主变压器差动(24TA、25TA)极性验证时,顺便测试I段母差(11TA、13TA),II段母差的(23TA、22TA)正确性(注:试验前必须测量被试验线路、变压器绝缘)。具体方法为:

打开1#主变压器35 kV侧软连接处,短接1#主变压器管型母线处,在1#进线处加380 V电压,QF₁、QF₃、QF₅、QF₇、QF₈及QF₆合闸,其余断路器断开。试验接线如图5所示,含电流走向。

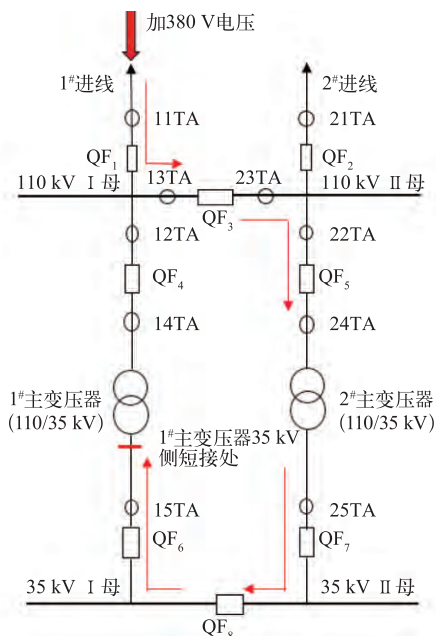


图5 试验接线图

检查相应差动保护装置上面的差动电流、制动电流和各侧相位。参考判断依据本文关于差动保护CT极性判别方法。

校验110 kV II段母差动、I段母差及1#主变压器差动TA极性与上述试验方法一致。

通流试验效果

检查相应差动保护装置上面的差动电流、制动电流及各侧相位,发现13TA、25TA接线错误,2#主变压器极性接反,纠正后,再次试验,检查相应差动保护装置上面的差动电流、制动电流和各侧相位均正常。

试验当中发现的问题及应对措施

1. 试验当中发现的问题

- 1) 变压器低压侧TA有开路现象。
- 2) 备用柜TA接线端子连片没有连接,导致CT端子烧毁。

2. 应对措施

- 1) 第一次送电前检查所有TA二次引出线接线是否正确,接线是否牢固可靠。
- 2) TA的备用绕组必须在端子箱正确短接。
- 3) 已经送电变压器具备停电条件时,应转检修后全面检查TA二次接线是否牢固可靠。

结束语

本文介绍的一次通流试验方法采用的是380 V电源的三相短路通流法。对于大部分短路阻抗小、TA电流比与变压器电压比较匹配的变压器广泛适用。能很好解决安装调试单位在保护校验过程的疏忽问题;也能针对较复杂的比率差动保护,减少试验人员的计算分析,高效快捷地发现问题,并解决问题。但是在采用该类方法测试过程中,该厂发生了未断电情况下就调整TA二次接线、导致工作人员被电击的事件。所以在发现TA极性存在问题后,需要调整接线时,一定确保一次电源切断,保证人身安全。EA

(收稿日期:2022-01-01)

参考文献

- [1] 赵东升. 通过变压器一次通流试验校验变压器各种差动保护的方法[J]. 西北电建, 2009(1): 49-50.
- [2] 占金涛. 变压器保护一次通流校验方法研究[J]. 浙江电力, 2011(1): 66-69.
- [3] 倪继文, 杨世强, 张钢, 等. 制动电流对变压器差动保护起动电流校验的影响[J]. 电气应用, 2021, 40(1): 79-82.
- [4] 倪继文, 杨世强, 张钢, 等. 制动电流对变压器差动保护起动电流校验的影响[J]. 电气应用, 2021, 40(1): 79-82.