

仅供参考

变压器直流电阻异常故障的分析与处理

王 瑞

(宁夏电力公司固原供电局, 宁夏 固原 756000)

摘要:用实例分析了变压器直流电阻的异常故障及对该故障的处理情况。

关键词:变压器; 直流电阻; 故障

中图分类号: TM402

文献标识码: B

文章编号: 1001-8425(2006)06-0040-04

1 引言

测量变压器绕组直流电阻是预防性试验、例行试验和交接试验的基本项目之一,也是变压器发生故障后的重要检查项目。测量变压器直流电阻及其不平衡率对综合判断变压器绕组(包括分接开关及绕组整个系统)的故障具有重要意义。我局在2005年的春季安全大检查中通过直流电阻试验发现了两例比较典型的变压器绕组直阻异常故障,并得以及时的检修。

2 故障实例分析

2.1 实例 1

2.1.1 故障情况

我局北郊变 110kV 变电站 2 号主变型号为 SFS7-31500/110。2005 年 5 月 9 日,对其进行春检,在预防性试验中,绝缘试验均正常。当进行主变直流电阻测试时,110kV 高压侧数据出现异常,数据如表 1 所示。

表 1 北郊变 2 号主变 110kV 侧绕组直流电阻测试数据

Table 1 DC resistance data of 110kV side winding of No.2 main transformer in Beijiao Substation

档位	$R_{A0}/m\Omega$	$R_{B0}/m\Omega$	$R_{C0}/m\Omega$	电阻不平衡率/%
1	748.4	748.0	751.6	0.48
2	740.4	740.4	749.0	1.15
3	730.3	731.1	733.7	0.46
4	722.7	722.5	735.2	1.74
5	712.4	713.2	715.7	0.46
6	704.6	704.6	713.8	1.30
7	694.1	695.2	697.8	0.53
8	686.7	686.6	697.3	1.55
9(10,11)	676.1	674.9	686.8	1.60
12	686.4	686.8	698.0	1.82
13	696.0	696.6	698.5	0.50
14	703.5	703.6	714.4	1.54
15	713.0	713.1	716.2	0.44
16	721.9	721.3	730.7	1.29
17	730.4	731.0	734.3	0.53
18	739.2	739.4	750.8	1.56
19	749.2	749.5	752.5	0.43

2.1.2 数据分析

国家电网公司对变压器非电量保护配置指导意见书明确要求:绕组温度投切报警信号不宜投切跳闸。同时绕组温度计应具有响应速度较快的特点。绕组温度保护配置如图 4 所示。①K1/K2 用于冷却容量一级投入;②K3/K4 用于冷却容量二级投入;③K5/K6(105℃)报警双接点可分别用于变电站报警和电网调度中心警示。这种 6 个开关(容量为 AC250V/10A)的温度计的性能不仅是进口温度计的常规指标,而且国内厂家也能提供同类产品。

在变压器组件配置及采购成本基本不变的情况下,通过采用增加温控开关数量的简单方法,可以有效改善温度保护的可靠性。同样,其他非电量保护装

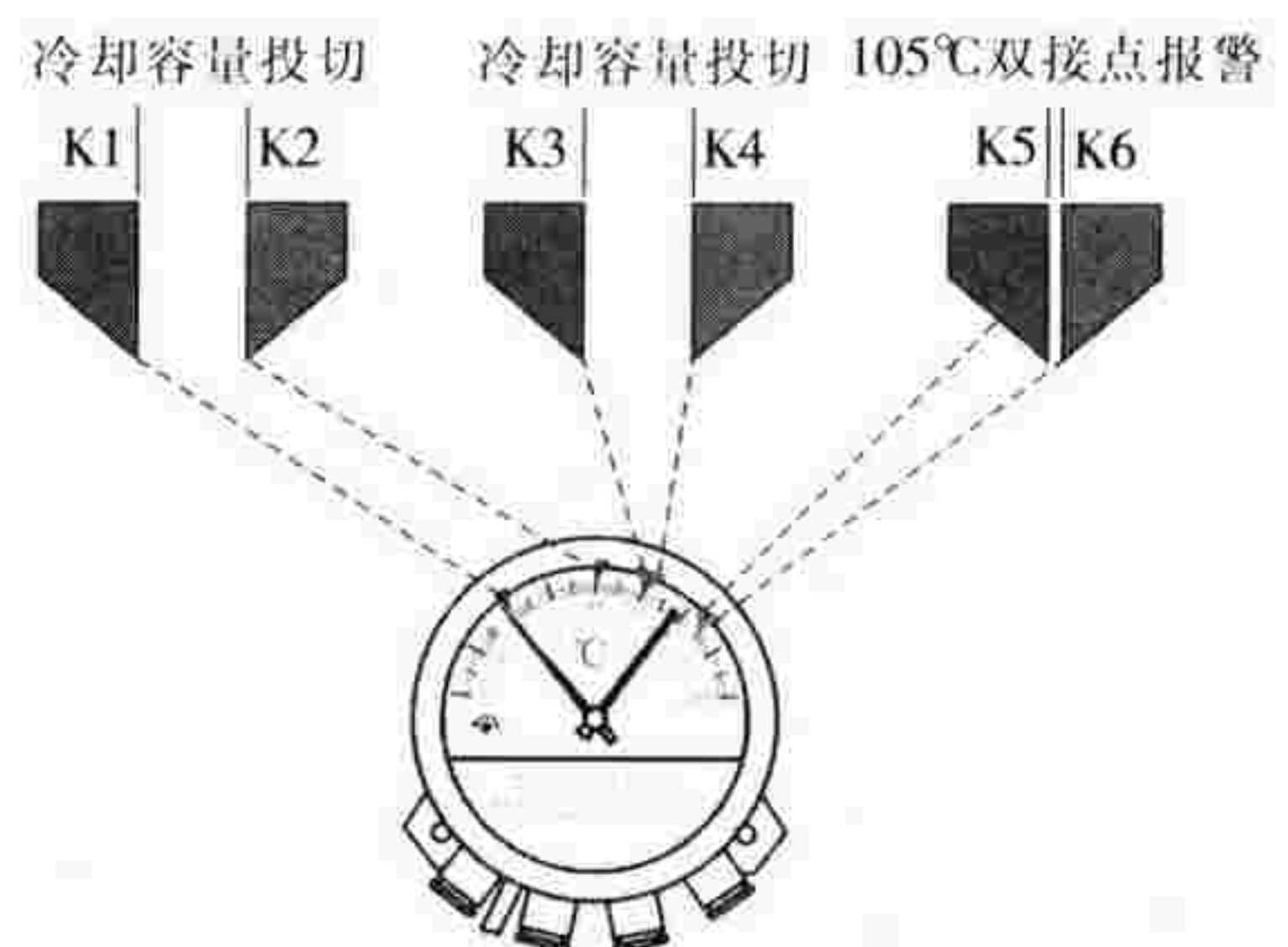


图 4 六开关绕组温度计

置(如气体继电器和油压速动继电器等)也可以采用类似双接点冗余控制方法提高非电量保护水平。

根据 DL/T596-1996《电力设备预防性试验规程》中对变压器绕组的直流电阻规定:“1 600kVA 以上的变压器,各相绕组差别不应大于三相平均值的 2%,无中性点引出的绕组线间差别不应大于三相平均值的 1%”。由表 1 中数据可见,2、4、6、8、9(10、11)、12、14、16 和 18 挡位的不平衡率呈现规律性的偏大,接近预试规程不大于 2%的规定。经过对比分析,发现 R_{A0} 、 R_{B0} 直流电阻平衡,且数值按由大到小规律递减(该分接开关带极性选择器可正反调,故 9、10、11 以后挡位按由小到大规律递增)。不平衡率的偏大是由于 CO 直流电阻出现规律性偏大造成的。查阅历年的预试与大修试验报告,试验数据均合格。

为进一步查找问题症结,我们对变压器进行油色谱分析,了解到变压器本体的油色谱分析结果正常。在现场,又对分接开关的调压箱进行了油耐压试验。试验结果表明油耐压值仅为 20kV,低于规程要求的 30kV。该分接开关型号为 ZY1A-III 500/60C±8。目前在油浸式变压器上使用的此种开关在变换分接时,均会产生电弧。由于电弧的作用,开关室内的变压器油被分解,并析出游离的碳、 H_2 、 C_2H_2 和 CH_4 等气体及油垢。气体一般从变压器油中析出,但游离碳和部分油垢混合在变压器油中,其中一部分沉积在开关的绝缘件表面。笔者曾与检修人员共同处理过类似的分接开关缺陷,发现金属微粒及游离碳等垢物在触头附近分布较多。北郊变 2 号主变的分接开关为组合式有载分接开关,对所测试的 110kV 高压侧直流电阻不平衡呈规律性偏大的这一变化,我们初步怀疑是分接开关的动静触头可能接触不良。对于组合式开关来说,由于该开关是由切换开关和分接开关选择器组合而成的,因此受变压器油污化影响的部分仅是切换开关,也就是说只局限在切换开关的油室中。

经分析,决定对接开关进行吊芯检查处理。

2.1.3 吊芯检查处理情况

将分接开关从调压箱中吊出后,经过检查,发现切换开关 C 相 K1 静触头接触部分有少数触头材料熔化后溅射出的金属微粒及游离碳等垢物分布在表面,且有麻点,当即将该触头进行了打磨处理。

从有载分接开关整体来看,运行中,每操作一次,由于电弧引起的油质劣化,开关的绝缘水平逐次降低。开关切换如果达若干次后,对开关应给予适当维护,例如经常更换变压器油,并对绝缘件表面作清洁处理,使开关的绝缘水平恢复到接近开关运行初的水平。由于调压箱内的变压器油在多次切换后碳化耐压降低,于是将污油抽尽,并将油箱内的碳渣进

行了清除,再用干净油冲洗切换开关及绝缘筒,最后注满干净合格的变压器油。

经上述处理并复位后,再进行直流电阻测试,数据如表 2 所示。

表 2 北郊变 2 号主变处理后试验结果

Table 2 Data after treatment of No.2 main transformer in Beijiao Substation

挡位	$R_{A0}/m\Omega$	$R_{B0}/m\Omega$	$R_{C0}/m\Omega$	电阻不平衡率/%
1	759.4	757.4	762.2	0.63
2	749.8	750.5	752.2	0.31
3	741.5	740.3	744.2	0.52
4	733.1	731.4	735.8	0.59
5	723.6	722.2	726.1	0.53
6	715.0	713.4	717.6	0.58
7	705.3	704.0	708.0	0.57
8	697.1	695.1	699.8	0.67
9(10、11)	687.0	683.2	686.8	0.55
12	696.2	694.4	699.1	0.67
13	705.8	704.2	708.9	0.66
14	715.0	712.6	717.5	0.68
15	724.4	722.2	726.7	0.62
16	732.1	731.2	735.0	0.51
17	741.3	740.2	744.8	0.61
18	75.1	748.9	753.6	0.62
19	759.7	758.7	762.8	0.53

由表 2 可知,各相直流电阻值及不平衡率全部合格。该主变顺利投运后一直处于健康运行状态。

2.1.4 小结

综上所述,可得出如下结论:

(1)测量直流电阻与油试验综合分析判断,是检测运行变压器绕组直流电阻不平衡率是否超标的有效方法,可在实践中运用。

(2)分接开关故障的检出,进一步证实了测量变压器直流电阻的必要性,以及测量直流电阻与油试验联合诊断分接开关故障的有效性。

2.2 实例二

2.2.1 故障情况

2005 年 5 月 12 日,我局对固原变 330kV 变电站 1 号主变进行预防性试验,直流电阻测试数据如表 3 所示(该主变有载调压具有 19 个挡位,在此只列举出正向所有挡位和反向两个挡位的直流电阻)。

2.2.2 数据分析及检查处理情况

由表 3 中数据可看出,1 号主变 330kV 高压侧 A 相直流电阻远远大于 B、C 相,导致不平衡率接近甚至超过 2%(注:现在使用的《电力设备预试规程》规定:对于 1 600kVA 以上变压器,其不平衡率相间(有中性点引出时)不大于 2%,线间为 1%)。为确保测量值准确可靠,又进行复测,其测量数据仍如表 3

表 3 固原变 1 号主变 330kV 侧直流电阻测试数据

Table 3 DC resistance data of 330kV side winding of No.1 main transformer in Guyuan Substation

挡位	$R_{AV}/m\Omega$	$R_{BV}/m\Omega$	$R_{CV}/m\Omega$	电阻不平衡率/%
1	992.2	975.2	977.4	1.72
2	974.2	956.0	958.0	1.89
3	974.2	938.1	940.2	1.88
4	938.4	920.5	922.1	1.93
5	920.0	901.4	902.5	2.05
6	901.3	883.4	884.8	2.01
7	883.1	866.6	867.6	1.89
8	865.4	847.7	849.3	2.07
9a(9b,9c)	847.3	827.8	829.2	2.34
10	865.0	848.5	850.4	1.93
11	883.5	866.5	867.8	1.95

所示,且 A 相直流电阻从 1 挡至 11 挡均偏大,分接挡之间直阻差值都约在 18Ω 。针对上述情况,查阅了该主变的有关技术资料。主变型号为 OSFPZ7-150000/330GY,联结组别:YN_a0d11。1994 年 11 月 30 日投运,在长达十年的运行中,未发现异常。为确保判断正确可靠,了解到 5 月 11 日所做的变压器本体油色谱分析数据正常且油常规试验均合格,变压器调压箱 A、B、C 三相的油耐压分别为 44.20kV、43.44kV、43.24kV,完全达到规程要求数值。由此可以排除由于变压器油劣化造成有载分接开关接触不良而使直流电阻超标。那么是否是 A 相绕组部位的故障呢?于是对其进行了认真的分析排查。由于测量直流电阻是从线夹处测量,线夹与引流线相连,因此初步怀疑是受引流线摆动影响,造成线夹与高压套管连接松动而接触不良,使直流电阻不平衡。经将线夹拆下,从高压套管的导电杆处直接测量,结果仍然如故。于是又把将军帽打开,将与软铜辫连接的内丝销钉正反方向转动后,把测试夹夹在导电杆处进行测量,发现试验数据有所好转,A 相直流电阻值有所下降。由于担心将软铜辫拧断,我们又将外罩打开,固定住与软铜辫焊接的基座。对上部内丝的氧化层进行了打磨处理后,测量线夹在内丝部位,测试数据合格。原来是问题出在 A 相将军帽内丝氧化,造成直流电阻偏大,不平衡系数超标。经对将军帽的内丝进行祛除氧化层的处理,并恢复就位后,按照以前的测量部位进行测试,数据完全合格,试验数据如表 4 所示。

2.2.3 小结

通过对这次潜伏性故障的分析处理可知,变压器运行时在大电流的作用下,接触面氧化、腐蚀和污染,逐渐形成较大的接触电阻,应定期采用红外测温

表 4 固原变 1 号主变处理后试验结果

Table 4 Data after treatment of No.1 main transformer in Guyuan Substation

挡位	$R_{AV}/m\Omega$	$R_{BV}/m\Omega$	$R_{CV}/m\Omega$	电流不平衡率/%
1	973.3	975.2	977.3	0.41
2	953.9	956.1	957.9	0.42
3	936.4	938.1	940.3	0.42
4	919.3	920.6	922.2	0.31
5	900.2	901.4	902.7	0.28
6	883.1	883.6	884.8	0.19
7	865.4	866.4	867.7	0.27
8	847.2	847.7	849.0	0.21
9a(9b,9c)	828.7	827.9	829.1	0.14
10	848.2	848.6	850.3	0.25
11	865.9	866.2	867.9	0.23

仪测量高压套管部位的温度,发现异常及时进行处理。并且将红外测温安排在预防性试验之前,更有利于试验人员对故障的分析判断。

3 结束语

引起变压器绕组直流电阻不平衡的原因很多,在本文中只不过谈及了几个方面的。在现场的检修试验中,时常有上述故障发生。

要准确判断和处理出现的缺陷,首先要保证所测得直流电阻阻值的准确性,排除仪器测量的分散性和其它杂散的干扰,才能防止误判断。同时要依靠试验人员多年的工作经验,从繁琐的数据中寻找出规律,找准故障所在,进而制定相应的处理方法和措施,及时地处理缺陷,减少设备停电的时间,保障电网的安全运行。

其次,试验人员在现场工作的高度责任感,也是不可缺少的。有些时候试验所测的数据,其不平衡率并不是明显偏大,或者并未超标,此时最容易被人们所忽视,这就需要试验人员本着负责敬业的精神,抓住问题不放,认真分析缺陷原因,积极处理。

最后,就是需要提高现场试验人员的业务素质,运用多种手段对试验中所测得的数据和出现的各种现象进行多方面综合分析,如采用气相色谱分析与直流电阻测量结合,能准确地找出设备缺陷所在,及时消除缺陷,保证电气设备(尤其是主设备)的健康运行。

参考文献:

- [1] DL/T596-1996,电力设备预防性试验规程[S].
- [2] 陈化钢,张开贤,程玉兰.电力设备异常运行及事故处理[M].北京:中国水利水电出版社,1999.

一起 110kV 变压器高压绕组断股故障的分析处理

咸日常^{1,2}, 杨 勇¹, 王汝东¹, 宋晓红²

(1.山东理工大学电气与电子工程学院, 山东 淄博 255049; 2.淄博供电公司, 山东 淄博 255032)

摘要: 结合一起对 110kV 变压器高压绕组断股故障的处理实例, 分析了绕组直流电阻的测试结果, 介绍了故障的分析方法, 提出了预防事故的措施。

关键词: 变压器; 高压绕组; 故障; 分析

中图分类号: TM402

文献标识码: B

文章编号: 1001-8425(2006)06-0043-04

1 引言

大型电力变压器绕组中的电流很大, 为降低绕组中的涡流损耗, 在制造过程中其绕组大多采用数根相同的导线并联而成。为使绕组中并联的每根导线的长度及其直流电阻基本相等, 使各导线在正常运行时通过的电流均等, 降低并联导线之间的循环电流, 以节约铜材、提高材料利用率和降低变压器的附加损耗, 通常需要对并联导线进行换位。由于纠结式绕组的换位纠结线需要进行焊接, 对接头焊接质量要求严格, 再加上换位导线在换位处的爬坡较陡, 在变压器承受短路电流冲击的瞬间, 承受的电动力就更为复杂, 较其它部位更容易发生变形和断线^[1]。本文介绍了现场一起 110kV 变压器高压绕组断股故障的处理实例。通过对其进行绕组直流电阻和油

中特征气体含量的试验分析, 说明了类似故障的分析试验方法, 提出了预防事故的综合防范措施。

2 变压器断股故障的现场特征

某型式为 SZ10-50000/110 的变压器, 采用 MR 型有载分接开关, 110kV 高压绕组采用 4 股导线并绕的结构, 绕组的导线从根部引出并与多股软铜线焊接形成高压引线。该变压器于 2004 年 10 月出厂, 当年 12 月安装并交接验收试验合格。由于当时负载的原因, 经过 5 次全电压冲击并正常运行 24h 后停运, 2006 年 1 月 10 日再次并网运行。低压侧经过 10kV 母线带 2 条 10kV 线路约 4 000kVA 负载。变压器实际运行接线如图 1 所示。

1 月 18 日, 其中一条 10kV 线路出线电缆头的 a、c 相避雷器引线短接, 造成相间放电短路, 线路出

Treatment and Analysis of Abnormal DC Resistance Fault in Transformer

WANG Rui

(Guyuan Power Supply Bureau, Guyuan 756000, China)

Abstract: The abnormal DC resistance fault of transformer is analyzed by examples. The fault treatment is presented.

Key words: Transformer; DC resistance; Fault

收稿日期: 2006-01-19

作者简介: 王 瑞(1973-), 女, 宁夏固原人, 宁夏电力公司固原供电局工程师, 从事电力系统高压试验工作。