一起500 kV变压器出口短路故障诊断与分析

由于500 kV网络是当前电网的支撑网络，500 kV变压器故障会给整个电力系统的安全稳定运行造成严重影响。详细介绍了一起500 kV变压器出口短路故障的诊断与分析过程，最后给出了同类故障的预防措施。

王龙宇[1]　王丙东[2]　李振动[1]　蔡　蕾[3]　吴　炜[1]/1.冀北电力有限公司检修分公司　2.廊坊供电公司　3.国网天津武清供电有限公司

王龙宇/助理工程师

关键词/Keywords
变压器·
短路·
绝缘·

0　引言

变压器作为电网的核心组成部件，对电网的安全稳定运行起着极其重要的作用。当变压器本身出现缺陷或发生故障时，其内部绝缘相关性能会发生变化，可以通过测量分析表征其性能的相关参数，来迅速确定故障位置与类型，以便进行修复。目前变压器故障检测分析方法主要包括油色谱分析、局部放电试验等综合检测方法。

考虑到容量以及运输安装等问题，500 kV变压器大都采用单相分相结构。在特高压系统全面建成之前，500 kV网络是当前电力系统的支撑网络，所以500 kV变压器故障将会给整个电力系统的安全稳定运行带来严重影响。本文以某500 kV单相分相变压器出口短路为例，详细介绍了故障诊断与分析过程，为500 kV单相分相变压器设计以及故障诊断提供参考资料。

1　故障概况

某500 kV变电站故障前，全站设备为正常运行方式。2015年10月30日某时，电压自动控制系统（Automatic Voltage Control，AVC）将612开关自动投入运行。1号主变压器低压侧601开关只带612电容器组和1号所用变压器，1号主变压器负荷为372 MW，3号主变压器负荷为380 MW。612开关投入71 s后，1号主变压器低压侧发生A、B相间故障，进而转化为A、B和C三相短路故障，1号主变压器本体重瓦斯动作，跳开三侧开关。故障处理措施为：1号主变压器及以下系统转检修，对1号主变压器及以下系统进行检查和试验。1号主变压器为单相无载调压变压器，2010年投运。

2　故障诊断与分析

2.1　故障现场勘查

612断路器A、B相灭弧室瓷套完全炸裂，触头严重烧损，C相瓷套伞裙有破损。A、B相灭弧室瓷套散落于612断路器周围约50 m，B相气室底部已烧穿。612断路器A、B相静触头连同一次引线甩至612－1刀开关母线侧。对1号主变压器本体外观及500 kV、220 kV间隔设备检查，没有发现异常情况。

2.2　保护动作分析

以发生A、B相间短路故障时刻为“0”时刻，保护动作时序如表1所示。以下保护动作时序以A、B相短路故障发生时刻为“0”时刻计算。

由于故障发生部位是612开关处，所以判断故障发生在变压器差动保护外侧（低压侧电流互感器外侧），因此虽然变压器差动保护为速动保护，但在时序1、2时其未动作。该故障发生在612电容器过电流保护的保护范围内，但由于612开关已经发生故障无法断开，虽然3、4

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 保护动作情况

序号	故障及保护动作介绍	时序/ms
1	1号主变压器低压侧601发生A、B两相短路	15
2	1号主变压器低压侧601发生A、B和C三相短路	118
3	612电容器A、B和C相过电流I段保护动作	340
4	612电容器B相过电流I段保护动作	614
5	1号主变压器CSC－336C1本体重瓦斯动作	654
6	601断路器分位	686
7	5031断路器分位	691
8	5032断路器分位	691
9	2201断路器分位	692

时序612电容器过电流保护动作，但还需要5时序1号主变压器重瓦斯动作。由于变压器重瓦斯跳三相，所以1号主变压器三侧开关均处于分开状态，如表1中6～9时序所示。通过以上分析，确定保护装置动作正确，无问题。

2.3 现场油化试验

现场检修试验人员分别对1号主变压器A、B和C三相以及612CT取油样进行色谱分析，试验结果如表2与表3所示。

表2 1号主变压器油色谱分析结果

（单位：mg/L）

设备	H_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	CO	CO_2
A	16.7	10.3	2.6	4.8	0	270.7	857.3
B	495.2	123.3	11.1	139.7	297.1	630.4	1 174.5
C	19	6	1.6	1.2	0	265.8	802.5

表3 612CT油色谱分析结果

（单位：mg/L）

设备	H_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	CO	CO_2
612A	9.6	2.0	0	0	0	103.8	356.6
612B	8.7	2.2	0	0	0	123	408.8
612C	12.3	3.1	0	0	0	138.8	336.6

从表1和表2可以看出，1号主变压器A、C相与612CT均无异常，B相乙炔含量分别为297.14 mg/L，氢气含量分别为495.17 mg/L，总烃含量分别为571.25 mg/L，严重超出规程规定。

2.4 故障录波分析

612断路器投入后至发生故障前，601断路器A、B和C三相电流波形如图1～图3所示。

从图1～图3波形可以看出，612开关合闸后，

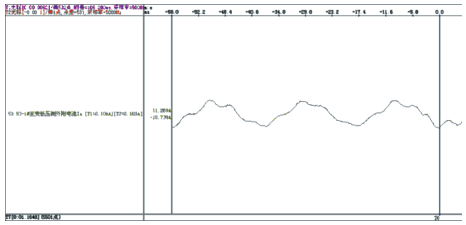

图1 故障前601断路器I_a

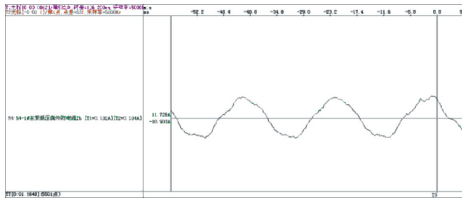

图2 故障前601断路器I_b

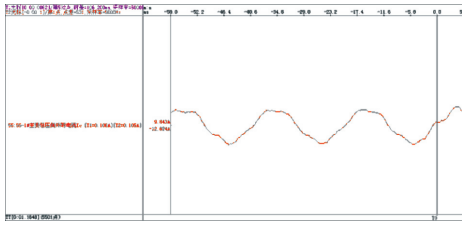

图3 故障前601断路器I_c

开关持续存在畸变电流，说明开关存在合闸不到位，开关内部持续燃弧。在合闸后持续71 s，长时间燃弧导致灭弧室内部温度和压力剧增，A、B两相灭弧室炸裂，引起A、B相间短路故障，持续时间103 ms。由于相间电弧影响，引发A、B和C三相短路故障，持续时间536 ms。相间电弧对开关相邻的CT、隔离开关等绝缘子表面造成灼伤，碎裂的灭弧室损伤周围设备。

3 返厂大修检查

1号主变压器B相进行返厂大修，吊罩检查时，发现油箱底部有若干散落小木块，并且绕组中上部分发生变形，绝缘遭到破坏，具有明显的烧灼痕迹，如图4所示。

4 故障总结

经分析，确定此次故障由612开关合闸不到位造成A、B两相相间短路引起（进一步造成A、B和C三相短路），由于612开关A、B相间故障电流最早出现，变压器低压侧为角形接线，这相当于B相

(下转第72页)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

microgrid using mesh adaptive direct search [J]. Electrical Power and Energy Systems，2010，32 (5)：398-407.

[13] 张颖媛．微网系统的运行优化与能量管理研究 [D]．合肥：合肥工业大学，2011.

[14] Zhao Zheng，Makram E B，Tong Yuliang．Impact study of energy storage for optimal energy scheduling in microgrid [C]．IEEE Power and Energy Society General Meeting，San Diego，CA，2012：1-7.

[15] 黄勇，曲长文，苏峰，等．基于MATLAB的动态规划顺序算法的实现 [J]．烟台师范学院学报，2004，20 (4)：272-274.

[16] 李乐．微网的经济运行研究 [D]．北京：华北电力大学，2011.

[17] Basu A K．Microgrids:planning of fuel energy management by strategic deployment of CHP-based DERs－an evolutionary algorithm approach [J]．International Journal of Electrical Power and Energy Systems，2013，44 (1)：326-336.

[18] 张建华，黄伟．微电网运行控制与保护技术 [M]．北京：中国电力出版社，2010.

（收稿日期：2016－01－07）EA

(上接第32页)

图4　1号主变压器B相吊罩检查图

低压侧出口短路。由于故障位置在变压器差动保护外侧，所以变压器差动保护不动作；故障虽然在电容器过电流保护范围内，但由于612开关发生故障无法断开，所以故障无法隔离。最终由于短路电流长时间存在，造成变压器绕组严重过热，引起变压器油分解成烃类气体，1号主变压器B相重瓦斯动作，切除故障。

5　结束语

本次故障反映出该变压器低压侧绕组抗短路能力的不足，从而表明变压器的设计水平，对变压器本身运行的安全稳定性有着举足轻重的影响。应该提高变压器设计水平，确保变压器能够耐受出口短路，这有助于提高变电站设备乃至电网运行的安全性与稳定性。

参考文献

[1] 赵家礼，张庆达．变压器故障诊断与修理 [M]．北京：机械工业出版社，2000.

[2] 谢鹏，张国栋，彭刚．一起500kV 电力变压器故障诊断及处理 [J]．变压器，2007，44 (5)：51-52.

[3] 刘东华，王光临．一起变压器出口短路故障的分析与处理 [J]．变压器，2007，44 (4)：56-57.

[4] 胡海宁，周力行，李季高，等．近区短路对变压器的影响及诊断方法 [J]．变压器，2013，50 (11)：73-76.

（收稿日期：2016－08－03）EA

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net