

600 MW 机组励磁变压器低压侧 短路故障分析

王东亚, 沈文华, 陈灌明

(广东珠海金湾发电有限公司, 广东 珠海 519000)

摘要:广东某电厂 #3 机组启动过程中, 自并励励磁系统的励磁变压器低压侧短路跳闸, 导致机组跳闸。对励磁变压器故障保护动作曲线及解体后的故障现象进行分析, 指出 #3 励磁变故障原因是散热不足导致低压线圈内绝缘及匝间绝缘老化, 最终出现低压线圈匝间短路, 根据故障原因提出了修复及改进意见。

关键词:励磁变压器; 低压侧; 短路; 保护

中图分类号: TM 621 **文献标志码:** B **文章编号:** 1674-1951(2017)08-0058-03

0 引言

近年来, 发电机组的励磁变压器(以下简称励磁变)故障多发, 故障种类多样, 对机组的安全运行造成了重大的影响, 产生了较大的经济损失。本文根据励磁变低压侧具体故障现象, 结合变压器保护动作情况^[1-2], 参考同类型机组故障^[3], 分析故障发生的原因, 提出预防此类故障的改进措施, 为同行业励磁变的稳定运行提供参考。

1 设备概况及故障经过

广东某电厂 #3, #4 机组(2×600 MW 超临界燃煤机组)于 2007 年投产发电, 机端采用自并励励磁方式, 励磁系统为 ABB 公司生产的 UNITROL5000 系列产品, 励磁变为 ZSCB9-6600/20 型三相干式变压器, 额定电压为 20000 V/880 V, YD11 联结方式, 冷却方式为自然空气冷却(AN)。励磁变压器保护配置为 GE 公司生产的 T35 变压器保护装置, 设置差动保护、高压侧电流保护等保护, 为双套保护配置。

2015 年 1 月 4 日 #3 机组启动过程中, 合上灭磁开关机端电压自动升至 19 950 V 后, 励磁变突然跳闸, 就地检查励磁变本体有烟冒出。停机后检查发现 #3 励磁变外罩有熏黑现象, 励磁变低压侧 C 相绕组烧黑, B 相也有被熏黑的现象, 发电机、主变压器、厂用高压变压器和励磁变封闭母线外观无异常。励磁变 2 套 T35 保护装置有“B 相差动保护动作、C 相差动保护动作、高压侧过流定时限保护动作、高压侧过流反时限保护动作”信号, 2 套励磁变保护动作信号一致。

2 保护动作分析

励磁变差动保护为比率差动保护, 保护定值为: 启动值, 0.250 p. u.; 斜率 1, 40%; 斜率 2, 70%; 拐点 1, 1.000 p. u.; 拐点 2, 3.200 p. u.; 有 2 次谐波和 5 次谐波制动; 励磁变高压侧过流定时限定值, 1.750 p. u.; 励磁变高压侧过流反时限定值, 0.550 p. u.。第 1 套保护装置动作波形如图 1 所示。

根据保护装置报文, 结合动作波形分析如下。

07:47:53.383 224, B 相差流 $I_{bd} = 0.296$ p. u. > 励磁变启动电流(0.250 p. u.)且位于第 1 拐点前, 满足比率差动保护动作条件;

07:47:53.383 224, C 相差流 $I_{cd} = 0.297$ p. u. > 励磁变启动电流(0.250 p. u.)且位于第 1 拐点前, 满足比率差动保护动作条件;

07:47:53.383 224, A 相差流 $I_{ad} = 0$ p. u. < 励磁变启动电流(0.250 p. u.), 不满足比率差动保护动作条件;

07:47:53.463 498, C 相定时限启动, $I_c = 2 727.1$ A = 1.820 p. u. > 励磁变定时限启动电流(1.750 p. u.), 满足保护动作条件;

07:47:53.744 618, 励磁变高压侧过流定时限保护动作, 满足定时限保护时间定值(0.3 s);

07:47:53.443 418, C 相反时限启动, $I_c = 1 678$ A = 1.120 p. u. > 励磁变反时限保护启动电流(0.550 p. u.), 满足保护动作条件;

07:47:54.206 948, 励磁变高压侧过流反时限保护动作。

由以上分析可知, 第 1 套保护动作正确。

第 2 套保护装置动作波形如图 2 所示。

根据保护装置报文, 结合动作波形分析如下。

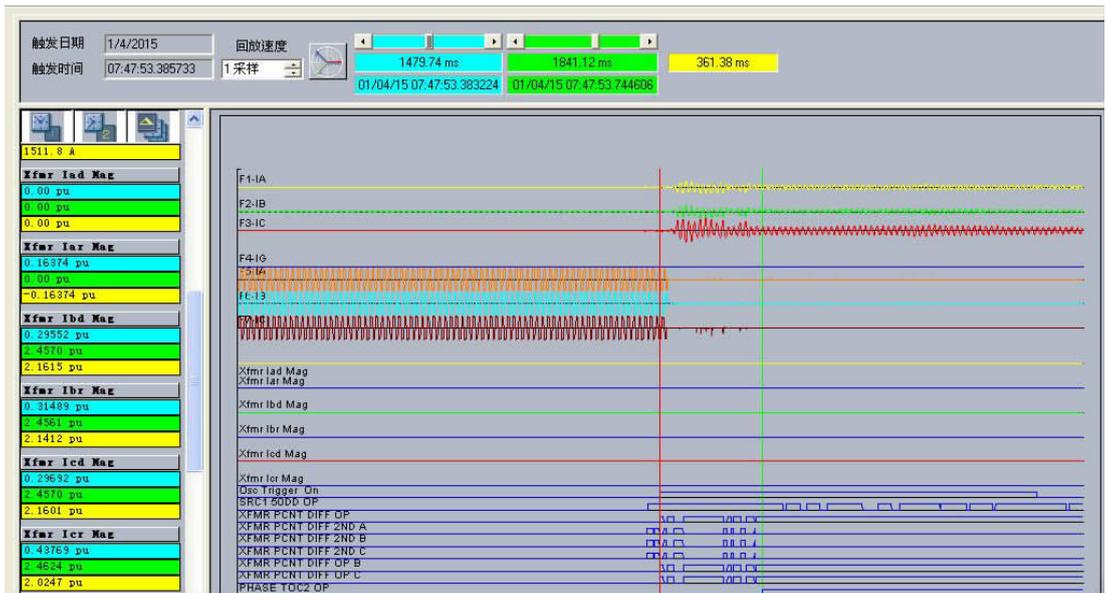


图 1 励磁变第 1 套保护动作波形(截屏)



图 2 励磁变第 2 套保护动作波形(截屏)

07:47:53.383228, B 相差流 $I_{bd} = 0.296 \text{ p. u.}$ > 励磁变启动电流(0.250 p. u.)且位于第 1 拐点前, 满足比率差动保护动作条件;

07:47:53.383228, C 相差流 $I_{cd} = 0.296 \text{ p. u.}$ > 励磁变启动电流(0.250 p. u.)且位于第 1 拐点前, 满足比率差动保护动作条件;

07:47:53.383228, A 相差流 $I_{ad} = 0 \text{ p. u.}$ < 励磁变启动电流(0.250 p. u.), 不满足比率差动保护动作条件;

07:47:53.463539, C 相时限启动, $I_c = 2709.5 \text{ A} = 1.806 \text{ p. u.}$ > 励磁变定时限启动电流(1.750 p. u.), 满足保护动作条件;

07:47:53.754467, 励磁变高压侧过流定时限保护动作, 满足定时限保护时间定值(0.3 s);

07:47:53.443474, C 相反时限启动, $I_c = 1654.8 \text{ A} = 1.103 \text{ p. u.}$ > 励磁变反时限保护启动电

流(0.550 p. u.), 满足保护动作条件;

07:47:54.195785, 励磁变高压侧过流反时限保护动作。

由以上分析可知, 第 2 套保护动作正确。

3 故障数据分析

表 1 为故障时的电压电流数据, 分析如下。

(1) 高压侧 A, B 相的相位、幅值相同, C 相与 A, B 相的相位相反, 幅值为 A, B 相的 2 倍左右, 对于高压侧星型接法、低压侧三角型接法的 Yd11 变压器, 说明此时低压侧发生 BC 相间故障。

(2) 低压侧没有测到电流, 说明故障发生在变压器内部至低压侧电流互感器之间。

由分析结果可知, 此次故障是低压侧 C 相绕组内部匝间短路(因低压侧为三角型接法, 当 C 相多数绕组或全部绕组匝间短路时, 即相当于 BC 相间短路)。

表 1 故障时的电压电流数据

通道	实部	虚部	向量
主变高压侧电压 U_a	16.284 V	85.526 V	61.562 V \angle 79.220°
励磁变高压侧电流 I_A	1.826 A	1.448 A	1.648 A \angle 38.415°
励磁变高压侧电流 I_B	1.756 A	1.116 A	1.488 A \angle 33.448°
励磁变高压侧电流 I_C	-3.574 A	-2.616 A	3.132 A \angle -143.798°
励磁变低压侧电流 I_a	-0.046 A	-0.195 A	0.141 A \angle -103.204°
励磁变低压侧电流 I_b	0.044 A	0.191 A	0.139 A \angle 76.956°
励磁变低压侧电流 I_c	0.006 A	0.003 A	0.005 A \angle 24.770°

4 解体检查情况

(1) 高压线圈 A, B, C 相外观均未见故障损伤, 低压线圈 C 相上部以及其对应的铁芯部位有严重



图 3 低压侧 C 相故障处及对应铁芯烧损情况

5 故障原因分析及改进措施

#3 励磁变冷却方式为自然冷却, 没有设置冷却风机, 外罩防护等级 IP21, 布置在汽机房内, 通风稍差, 未设置铁芯温度测点。由于汽机房温度较高, 绕组运行温度最高可达 110 °C。从绝缘起泡现象推断, #3 励磁变散热是不能满足变压器寿命要求的。对故障后的铁芯进行了温升试验, 在工频 50 Hz 条件下最高温度达 116 °C, 环境温度为 16 °C, 温升为 100 °C, 达到了标准的最高限^[4]。励磁变在实际运行中不可能只有 50 Hz 基波成分, 不可避免地含有其他谐波成分, 励磁变的这种工况要求设计时必须考虑一定的温升冗余, 不适宜用到最高极限。

综上所述, #3 励磁变故障原因是设计不周导致散热不足, 测温装置没有监测到发热严重而散热条件恶劣的最高点, 经过近 8 年的运行, 热累积效应使绝缘劣化, 导致低压线圈内绝缘及匝间绝缘老化, 最终从热损坏发展到电击穿, 低压线圈匝间短路, 酿成事故。故障后由于电弧影响, 造成低压线圈及铁芯烧损。

经过对励磁变故障的分析, 对运行变压器做出以下改进, 也为今后新购变压器做参考。

(1) 在变压器底部设置通风机, 顶部设置排风机, 并调整外罩的防护等级, 加强励磁变的通风散热。

的烧损现象, 如图 3 所示。

(2) 在没有发生故障的 A 相绕组低压对铁芯的绝缘结构上可见大面积的“起泡”离层现象, 绝缘已经失效。

(2) 在铁芯 T 角处设置温度测点, 加强铁芯温度的监控。

(3) 定期对励磁变进行红外测温。

6 结束语

励磁变属于特种变压器, 发生故障会对机组造成恶劣的影响, 加强励磁变运行中的监控, 及时发现问题, 能防止恶性事故的发生, 对机组安全运行有重大意义。

参考文献:

- [1] 娄玲娇, 尹项根, 张哲, 等. 发电机静止励磁系统故障快速保护[J]. 电力系统自动化, 2014(22): 109-113.
- [2] 赵小莹, 廖虹炜. 发电机励磁变压器几个关键问题的分析[J]. 变压器, 2011, 48(6): 49-52.
- [3] 韩宪良. 一起励磁变匝间短路的分析和对策[J]. 大众科技, 2016, 18(1): 44-46.
- [4] 电力变压器第 11 部分 干式变压器: GB 1094.11-2007[S].

(本文责编: 刘芳)

作者简介:

王东亚(1983—), 男, 河南商丘人, 工程师, 从事电厂检修管理工作(E-mail: dongya_2000@163.com)。