

一起励磁变压器铁心多点接地故障的检查与处理

吕 霏
(江苏华电戚墅堰发电有限公司,江苏 常州 213011)

摘 要:励磁变压器在运行中的相关部件(铁心本体、夹件、拉板、接地装置等)出现故障将影响变压器的安全运行。铁心多点接地会在接地点之间形成闭合回路,链接部分磁通、感生电势、形成环流,造成局部过热。变压器局部铁心温度升高会加快绝缘老化,甚至引发变压器温度高保护跳闸。故铁心多点接地对变压器危害极大,必须予以重视和消除。以某燃机励磁变压器铁心多点接地的消缺为例进行剖析,对相关故障的检修维护提供了一些方法和建议。

关键词:励磁变压器;铁心;多点接地;温度升高;绝缘

中图分类号:TM 406 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2018)12 - 0058 - 02

0 引言

作为发电企业常见的特种变压器,三相励磁整流干式变压器并不是变压器的标准应用。与一般干式变压器相比,励磁变压器(以下简称励磁变)变比更大,抗谐波、抗过电压、抗过载的能力更强,在温升、噪声、绝缘等级、制作工艺以及高低压绕组屏蔽等方面的要求更为苛刻。

某燃机发电厂 #2 励磁变为采用三相桥式可控硅整流器系统的模铸式干式变压器,额定容量 3 600 kV · A,额定电压 6 000 V/1 130 V,额定电流 346 A/1 839 A,绝缘等级 F(155 ℃),采用三相三柱叠积式铁心和自冷方式。2011 年 9 月, #2 励磁变发生铁心多点接地,本文重点对此次故障的检查经过与处理方法进行描述。

1 故障发现与外因初查

2011 年机组检修时初次发现 #2 励磁变铁心对地绝缘低,用数字万用表测量铁心对地电阻值为 2 000 Ω,其他电气预防性试验数据均正常;查阅相关检修巡检记录,此前最近一次检修,铁心对地绝缘达 2 000 MΩ;此次检修中对 #2 励磁变铁心进行仔细清扫,没有发现异物,穿心螺杆摇测绝缘正常,为 300 MΩ/500 V。由于该变压器铁心底部及端轭两侧均用玻纤环氧板作为对地绝缘材料,而三相铁心柱两侧与拉板间仅垫了一层绝缘纸,故初步怀疑是某部位的绝缘纸损坏导致对地绝缘低。由于受停电时间的限制,暂时不作处理^[1]。

次年,利用机组临检的机会通过内窥镜对变压器底部、线圈与铁心柱间的狭小部位进行进一步检查。通过检查发现三相铁心柱与两侧拉板间的绝缘纸侧边清洁、完整,铁心柱与拉板间未发现导致绝缘能力降低的致污物。

2 逐级排查确认故障原因

通过外观检查确证穿心螺杆无异常,略松开上、下端轭夹件的紧固螺母及穿心螺杆,分别在三相铁心柱两侧与拉板端部之间加塞 NOMEX 绝缘纸,同时测量铁心对地绝缘,如图 1 所示。

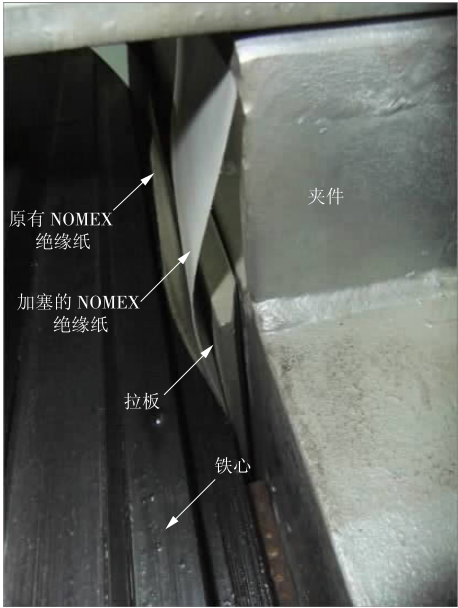


图 1 铁心柱与拉板端部之间加塞 NOMEX 绝缘纸

处理到 B 相铁心柱低压侧时,摇表指针出现晃动,检查发现铁心与拉板间的绝缘纸异常,如图 2 所示。



图 2 B 相铁心柱低压侧端部
取出的绝缘纸

经制造厂确认,图 2 的 NOMEX 绝缘纸耐热等级为 H 级(180°C),外表面灰白,中间层已有过热变色脆化的情况。查红外热成像巡检记录,运行中该励磁变端部铁心表面温度达 133°C 以上。由于安全距离及调停时间限制,未能进一步检测验证铁心柱中部的运行温度,但根据经验判断,通风散热相对良好的铁心上端部温度如此高,散热情况更为恶劣的铁心柱中部情况将更为严重^[2]。

通过进一步现场检查,分析高温产生的原因。

(1) 变压器铁心三相柱两侧拉板材质选用不当是引起励磁变铁心多点接地的主要原因。铁心拉板材质为普通碳钢,运行中铁心漏磁通在导磁性拉板上形成的涡流损耗,导致铁心拉板局部过热,使 NOMEX 绝缘纸长期承受 180°C 以上的高温,造成绝缘性能的劣化。

(2) 选用空气自然循环冷却作为 $3\,600\,\text{kV}\cdot\text{A}$ 大容量干式变压器的冷却方式有欠妥当。美国电气制造商协会(NEMA)防护等级为 3R 的励磁变压器外箱,适于严格防横向雨水且通风良好的室外环境。这与该变压器所处的室内、狭小、西侧、接受励磁间空调室外机热风的实际安装环境不吻合。恶劣的通风散热条件是形成运行温度高的次要原因。

3 解决方案

针对该变压器的实际工况,与制造厂商商讨后制定以下解决方案^[3-4]。

(1) 将原有芯柱拉板间的绝缘纸更换为玻璃纤维板,增加绝缘材料的强度和厚度,切口处涂凡立水(绝缘漆)并烘干,提高玻璃纤维板的防潮性。

(2) 将原有铁心端轭与夹件间的玻璃纤维板更换为带冷却风槽的玻璃纤维板,改善端轭通风降温,将原有黏合固定方式更改为铁心穿杆螺栓固定铁心穿杆螺栓,更换方便,使用时能防止脱落。

(3) 将原有导磁性拉板更换为非导磁开缝不锈钢板。

(4) 整体更换适合室内环境的钢骨铝合金外壳,在变压器高低压两侧按变压器容量装设干变专用横流风机,散热方式由自冷为强迫风冷。

4 故障处理

在机组检修期间, #2 励磁变压器按上述解决方案实施改造:依据原有几何尺寸制作不锈钢铁心拉板;并将原有铁心铁心柱拉板间的绝缘纸更换为玻璃纤维板;铁心端轭与夹件间的玻璃纤维板同时更换为带冷却风槽的玻璃纤维板,切口处均涂绝缘漆烘干。

关键部位逐一改进并完成组装后,检查绕组的直流电阻、电压比、绝缘电阻、介损、空载损耗、负载损耗、短路阻抗、温升试验及工频耐压试验均合格。

根据讨论方案,变压器三相线圈两侧分列增加 6 台 GFD780-200/4 型干变横流风机,以进一步加强冷却效果。原有室外型外壳也整体更换为适合室内环境的钢骨铝合金壳体。

变压器检修后运行各项数据正常,铁心上端部温度较检修前的 133°C 降低了 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。检修后运行至今已有 5 年,铁心对地绝缘合格,设备状况良好。

5 结论

励磁变压器铁心多点接地对变压器危害极大,必须及时、准确地诊断故障原因,并采取相应的处理措施。

对于已发生多点接地的设备,应由外而内、由简至难逐步排查:先排除外部因素,如检修人员遗留的金属异物、绝缘材料凝露受潮、铁心吸附金属粉末等;再考虑变压器内部因素,包括绝缘材料缺陷、产品设计、安装工艺不当等原因。避免盲目检修引起的检修成本扩大和消缺时间延误。

参考文献:

- [1] 输变电设备状态检修试验规程:DL/T 393—2010[S].
- [2] 卡罗尼尔·麦克莱曼. 变压器与电感器设计手册[M]. 4 版. 北京:中国电力出版社,2012.
- [3] 电力变压器检修导则:DL/T 573—2010[S].
- [4] 曲在辉. 变压器检修[M]. 北京:中国电力出版社,2012.

(本文责编:陆华)

作者简介:

吕霏(1964—),男,江苏常州人,工程师,从事电力设备的安装、检修等技术管理工作(E-mail:lvfei@chd.com.cn)。