

[变压器]

变压器压力释放阀故障的主要原因及改进方法

文/吉林省电力检修公司 张家宁

华北电力大学(北京)电气与电子工程学院 张耘赫

当压力释放阀本体故障导致其压力动作值偏低或主变压器重载运行、油位过高时,均有可能引起压力释放阀异常动作。通过分析某电力企业发生的一起主变压器压力释放阀异常动作缺陷,介绍如何判断和处理压力释放阀异常动作的方法,并提出预防性措施。

电力变压器是电力系统中重要的电气设备之一,它的正常安全运行,是保证供电可靠性、连续性的重要条件,其内部一旦发生电气短路故障,会产生电弧,电弧的高温能够分解变压器绝缘油而产生大量气体。这些气体将使油箱内部压力急剧增大,由于变压器绝缘油具有不可压缩性,因此如果在几毫秒之内不能及时释放这个巨大的内部压力,将可能使油箱破裂而酿成火灾事故。变压器压力释放阀就是为了解决这个问题而设计产生的。

变压器压力释放阀装设在油箱顶盖上部,如图1所示,其中220 kV主变压器配置两个压力释放阀,110 kV主变压器则配置一个压力释放阀。当油箱内部压力达到危险值时,压力释放阀一般可在2 ms之内动作以释放油箱内部压力。然而,当压力释放阀本体故障导致其压力动作值偏低或主变压器重载运行、油位过高时均有可能引起压力释放阀在主变压器内部未发生放电缺陷时异常动作。本文中针对220 kV变电站发生的一起主变压器压力释放阀异常动作缺陷,介绍了缺陷情况、消缺处理过程并分析缺陷原因。

事件经过

2016年夏季某日晚上,变电站运行人员到



图1 2#主变压器压力释放阀

220 kV变电站2#主变压器巡视时,发现2#主变压器四周地面和变压器挡墙上有大量油迹,如图2所示,主变压器运行正常。当时2#主变压器有功负载约为100 MW,此时油位表指示刻度为7(正常值时范围为0~10),变压器的温度计指示是63℃,全部冷却器均运转正常,油枕油位指示正常,油位没有达到上限值,没有发现220 kV开关动作如图3所示。变压器运行时的声音为正常、均匀的“嗡嗡”声,无异常声响。变压器三相电压、电流稳定,气体继电器、差动保护和过电流保护均未动作。中控室查看运行监视记录,没有语音报警记录,上位机温度测量监视画面及现场温度计检查,主变压器温度指示与现场一致,无保护动作纪录。由于没有经历过主变压器压力释放阀动作的经验,但经过与4#主变压器对比发现,2#主变压器压力释放阀指示杆为红色,因此判断为2#主变压器压力释放阀动作喷油。通知检

修人员的同时，加强对2#主变压器温度、油位等运行参数进行监测。



图2 2#主变压器呼吸器图

缺陷处理

检修人员立即赶到现场进行检查，发现2#变压器四周有大量油迹，而变压器外部未发现渗漏油处，经检查，发现压力释放阀外罩的顶盖被冲开，压力释放阀的指示杆在打开位置，断定压力

释放阀开启过。

当时主变压器声音、温度和电流均无异常现象，而且主变压器气体继电器、差动保护均未动作。经分析认为变压器本体正常，呼吸系统可能存在问题，极有可能隔膜出现问题，若处理及时将不影响变压器正常运行。为查明原因确保主变压器安全运行和供电可靠性，进行不停电检修，同时迅速取油样进行色谱分析，分析结果为压力释放阀动作前后的变压器色谱试验数据显示正常，具体数据详见下表。在对隔膜、呼吸系统是否堵塞等情况检查时发现，吸湿器托油罩上侧的密封垫安装时没有拆除，而且托油罩上得较紧，致使变压器呼吸回路堵塞，吸湿器不起作用。同时通知检修人员对报警回路进行缺陷查找，正常压力释放阀动作中控室上位机应有语音报警。

表 2#主变压器喷油前后的色谱试验数据

(单位: $\mu\text{L/L}$)

试验性质	试验日期	测试温度/ $^{\circ}\text{C}$	测试湿度(%)	氢	甲烷	乙烷	乙烯	乙炔	一氧化碳	二氧化碳	总烃	结论
预试	2016.7.12	25	65	17.3	1.96	0.22	0.26	0	114.92	389.23	2.42	正常
喷油后	2016.7.24	26	67	20.1	2.00	0.11	0.12	0	146.17	541.46	2.13	正常

缺陷原因分析

通过分析认为，事故原因是由于呼吸器堵塞，变压器无法正常呼吸，随着主变压器温度升高，内部压力越来越大，当内部压力升到压力释放阀动作定值时，压力释放阀动作，大量喷油。

由前述分析可知，220 kV变电站2#主变压器压力释放阀异常动作是由于主变压器本体油位表出现“假油位”现象，主变压器在30 $^{\circ}\text{C}$ 的高温环境下重载运行时，随着油温升高绝缘油体积不断膨胀，当储油柜内部充满油后，其内部已无法为继续膨胀的绝缘油提供膨胀空间，持续增大的油压超过压力释放阀额定动作压力值时造成其动作喷油。当多余的绝缘油喷出后，压力释放阀复位，停止喷油。值得注意的是，由于变压器重载运行引起的绝缘油高温膨胀不同于主变压器内部电弧放电或绕组匝间短路、铁心多点接地和漏磁增大等局部过热引发的绝缘油分解现象，主变压器内部压力生成有一定过程，这时既没有可燃气体产生，也没有一定流速的油产生。因此喷油时主变压器本体气体继电器未发生轻瓦斯报警发信和重瓦斯动作跳闸，经过对变压器油的气相色谱分析及主变压器各项试验，证明变压器本体一切

正常，没有发生电气故障。

预防措施

经分析认为防止这类事故发生可采取的措施如下：

1) 新安装变压器在投运前一定要将呼吸器托油罩上侧的密封橡皮垫圈拆除，此垫圈是变压器储存、运输时密封用的，正常运行时不可密封，以保证变压器“呼吸”顺畅。

2) 变压器运行中，值班人员在巡视时应经常检查呼吸器“呼吸”是否顺畅，呼吸器是否堵塞，储油柜的油位是否正常，见图2。



图3 2#主变压器油枕

3) 变压器安装或大修时，应对隔膜是否完好进行仔细检查，经过试验合格方可安装使用。

4) 提高检修人员的技术水平，严格遵守检修规程，更换呼吸器时应暂时停用本体重瓦斯，

更换完毕后重新将本体重瓦斯恢复。认真做好设备季节性特殊巡视工作，特别要注意高温季节、重负载条件下充油、充气设备的巡视，检查油位表、气压表和温度计是否运行正常，并结合负载—油位（气压）曲线、温度—油位（气压）曲线等做好负载及油温、油位、气压和液压参数的分析比照，及时掌握设备运行状况，发现问题立即汇报。对于油位（气压）偏高的设备，要结合停电机会及时进行处理。

结束语

通过查询发现，2003年7月某供电公司110 kV变电站也是由于呼吸器托油罩上侧的密封垫安装时没有拆除，在2006年6月由于黄淮地区环境温度异常升高，造成220 kV某变电站2#主变压器压力释放阀动作喷油；另外，2005年6月某省供电公司

北郊110 kV变电站1#主变压器压力释放阀的压力弹簧随温度变化，机械强度也随之改变，在高温天气里，变压器油不断膨胀，变压器本身的温度较高，而变压器上层油温更高。压力释放阀装在变压器的上部，在高温条件下，弹簧压力会有所降低，使压力释放阀的开启压力为55~5 kPa，造成压力释放阀误动，开启喷油等多起由于不同原因引起变压器压力释放动作喷油。

随着电力系统的不断发展和完善，对供电可靠性的要求更高，使得变压器的安全可靠也越来越高。通过对该起压力释放阀故障而引起变压器喷油情况进行的分析，提出了相应的防范措施，从而降低了变压器发生故障的概率，为主变压器及电网的安全可靠运行提供了保障。EA

（收稿日期：2019.07.27）

（编辑：朱金凤）

（上接第53页）



图4 燃气轮机转子试验平台

潜在微弱故障的预防与诊断识别。

开发燃气轮机故障诊断专家系统的核心关键在于知识库的建立与完善，可通过以下5种方式建立与完善知识库：①书本、资料和文献数据；②故障仿真模型分析数据；③故障试验研究测试数据；④燃机工程故障案例数据；⑤现场正常燃机运行数据。

基于燃机故障诊断专家系统，以此实现燃气轮机故障知识库的共享，避免一些重复性的研究建设，这必是未来国内外的发展趋势，为燃气轮机的安全稳定运行及预防维护具有重大意义，有着十分广阔的应用前景和经济价值。

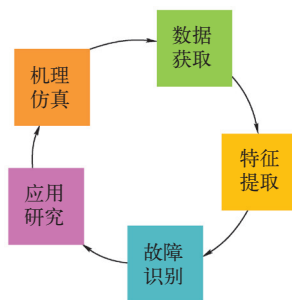


图5 故障研究技术路线

结束语

本文对燃气轮机在实际工程运行及试验过程中所常见的几种典型故障模式进行了统计与内在机理分析，提出了燃气轮机故障内在机理研究与燃气轮机故障诊断专家库开发是燃气轮机运行维护技术的未来发展方向与发展趋势，这对燃气轮机产业的发展有着十分广阔的应用前景和经济价值。EA

（收稿日期：2019.11.05）

（编辑：朱金凤）