

平台钻井模块主变压器接地故障排查

朱中慧（中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广东 深圳 518000）

摘要：为保障海洋石油钻采平台由钻井模块向生产模块进行有效的送电，优化送电作业条件，可借助变压器的逆向使用，成功实现反向输电，但是在平台钻井模块主变压器使用的过程中，接地故障出现的频率相对较高，因此应做好积极投身钻修井维保一体化，自主开展钻井专项检查，发现并快速完成顶驱拆卸及大修、主变 35kV 高压绝缘隐患。基于此，文章重点依附企业自查、维保等工作经验，对自主排查隐患的工作价值进行分析，提出了自主排查隐患的工作流程和故障排除方法，期望能够为同领域研究人员提供理论参考。

关键词：平台钻井模块；主变压器；接地故障；自主排查

0 引言

面对当前“新冠”疫情和低油价严峻形势，平台电气人员积极响应公司“降本增效”号召和安全“三年行动计划”，积极投身钻井维保一体化建设。目前，生产电气巡检覆盖钻井模块，开展钻井维保交流学习，逐步接管钻井电气设备。今年二号台风来临之际，平台钻井维保队撤离，生产电气切断钻井 35kV 主电、关停钻井模块抗击台风并继续维持生产。由于钻井电气师因天气原因不能上平台，生产电气人员抓住钻井关停时机开展对钻井主变的专项检查。

1 平台钻井模块主变压器接地故障排查主要流程



图 1 测量绝缘



图 2 调压器内部结构

基于工作中的实践经验，在钻井关停期间，针对钻井平台中的 35kV/690V 主变压器，开展了专项检查，发现主变高压侧绝缘低隐患（测量高压对地绝缘 $2\text{M}\Omega$ ——如图 1 所示；规范要求 $300\text{M}\Omega$ 以上——如图 2 所示）。

如果在绝对绝缘的现状下，冒然变压器送电，如果在绝缘低的情况下冒然给变压器送电，会引起漏电放电、击穿短路损坏变压器，同时冲击高压电网引起平台失电、生产关断。为保证设备安全和电网稳定，电气班组决定暂缓恢复钻井模块送电，并应及时汇报领导。由于疫情的特殊时期，厂家工程师不能在短时间内上平台排查处理；同时基于降本增效、外委转自修考虑，不依不靠自行排查处理隐患。主要的工作流程如下：

①首先，对变压器内部绝缘柱、绝缘板以及绕组、铜排、调压器等结构使用电气清洗剂进行除尘清理；对端子进行紧固，使用空气干燥器驱除潮气；

②以变压实际情况为依据，对由外部因素引起的故障进行判断处理。当变压器由于长时间未使用或未密封导致凝固或积尘，则先将铁心表面清理干净，再用太阳灯炙烤铁轭，使铁轭和铁心间水分在炙烤下蒸发，但这样需要一段时间。条件允许时，可使用空载法来炙烤。期间要加强安全防护，先将高压侧开路，再向低压侧通入额定电压，这样能有效缩短时间。若解决受潮问题后，绝缘电阻依然是零，则可借助试验装置来加压铁心，如果接地点不牢靠，则升压时会产生放电点，对此可以放电点为依据及时处理。若装置电流增加但无法升压，并且不会发生放电，这表明接地牢靠，此时，要考虑内在因素，并且要做好相应分析处理工作；

③采取逐级排查的方式对由于内在因素引起的故障进行处理。可借助直流法或交流法来查找多点接地，但以上方法对于干式变压器而言，都不容易找出故障点。从结构角度分析，多点接地产生于铁心拉板、上下铁轭与穿心螺杆。

2 平台钻井模块主变压器接地故障发生的主要原因

绕组及铁芯是平台钻井模块主变压器传递及变化电磁能量的主要结构部件，在实际作业运行及管控的过程中，铁芯必须可靠且接地，并且接地的范围及空间仅可描述为“一点”，如果无法接地，由于铁芯及其附属的

结构部件在绕组周边的电场环境中,在外加电压的影响下,铁芯会产生一定的额外电压,称之为感应电压,当感应电压超出对地点的电压时,就会出现明显的放电现象。当铁芯、夹件结构出现多点的接地现象时,会生成一个闭合的回路系统,同时会兼顾连接部分磁通现象,感应电动势就会生成,闭环生成后,局部放热,放热量增加则会导致铁芯烧坏现象发生。因此,在自查排查隐患的过程中,应将测量铁芯、夹件等绝缘电阻作为变压器开展试验的具体项目之一。

2.1 主变压器铁芯多点接地故障主要原因

首先,主变压器内部结构模块中,存在容易导电的悬浮物,由于悬浮物位置不固定,当主变压器运行的过程中,所产生的电磁场作用下,粉尘状的悬浮物就会依附在变压器的铁芯底部绝缘位置上,进而生成导电回路系统。其次,主变压器系统中的潜油泵轴承存在磨损的现象时,就会容易导致金属粉末进入到变压器油箱中,进而导致铁芯多点触地现象发生;再者,铁芯上会不时落有金属屑等易导电的杂物,导致变压器铁芯内部的绝缘油道存在堵塞的现象,最终使得铁芯间短接,容易导致铁芯多点触地故障。最后,主变压器经过自查排除隐患的过程中,或者在大型维修的过程中,会残留细小的金属丝等容易导电的物质,主变压器运行的过程中,磁场环境中的金属丝就会在磁场力的作用下垂直竖起,进而导致铁芯多点接地;若主变压器的内部铁芯结构模块中垫块存在受潮的现象,则会导致铁芯对地绝缘下降,进而容易导致铁芯多点接地,引发接地故障。

2.2 铁芯多点接触故障的判断

①选取已经检测出的铁芯绝缘电阻值,有效的判断是否存在多点触地现象,经过检测,若结果为0或者数据很低,则主变压器铁芯就要被怀疑存在多点触地的现象;②根据铁芯接地环节中环流监视数据可知,铁芯处于多地接触的环境中。对于不断运行和管理中的变压器系统来说,若铁芯能够被检测到,并且在夹件接地线中出现了较大的环流,则需要进一步的将主变压器停运,然后按照检测的自查规范,对铁芯、夹件等的绝缘特性和绝缘电阻量进行综合性的判断和分析;③按照气相色谱能够有效的分析出是否存在铁芯接地的现象,并利用气相色谱法,能够准确的判断出被溶解的各类型气体的含量,在一般性自查隐患的过程中,需要借助于气相色谱法和上述两种监测方法共同使用,综合判断,以准确的判断铁芯是否处于接地的环境中。

2.3 该主变铁芯多点触地的故障排查和分析

经过现场的自查试验得出:主变压器绕组直流电阻测量的过程中,得出的测量结果为:高压相之间的最大不平衡系数达到0.35%,中压侧的最大相间不平衡系数达到0.16%,低压侧达到的最大相间不平衡系数达到0.96%,对应的测试结果与数据进行对比分析,能够达到规定的相关参数要求。经过测量,绕组连同套管的绝缘电阻及介质的损耗试验均呈现出合格的状态,经过

上述试验分析得出,铁芯、夹件之间的连通能够引起铁芯多点接触性的故障,经过取油样进行检测发现,对住变压器中油中溶解氧其他进行定量分析,得出油色谱检测数据和结果是正常范围内。此外利用主变停运时间间隔较长的时间,可能是由于油中混杂了较多的沉淀物、悬浮物,进而导致铁芯、夹件之间的连通性,因此应初步判断出该平台钻井模块主变铁芯存在间歇性的接地故障。

3 平台钻井模块主变压器自查故障排查措施分析

3.1 主变压器故障排查方法

在针对平台钻井模块主变压器接地故障进行排查的过程中,可以综合应用以下故障自查检测方法。

3.1.1 直观检查方法

可以根据现有平台钻井模块主变压器实际情况进行直观的检查与故障排查,例如可以针对主变压器的铁芯位置,看是否与夹件支板之间出现碰撞的情况和问题,由于夹件支板在设置和安装过程中与铁芯柱以及铁轭机械之间的位置相对较远,因此会在主变压器运行过程中受到一定的冲击力影响,此种冲击力同样也会导致铁芯柱与夹件支板之间的距离、位置产生变化,让二者的距离逐渐变小,进而产生碰撞,导致变压器出现铁芯多点接地的故障问题。另外在下铁轭位置也要进一步检查,判断是否出现于箱底桥接的短路问题,这也是集中检查变压器多点接地故障的重要环节与位置之一。如果铁芯底部的垫脚位置已经出现全面受损问题,或是在长期运转变压器的过程中出现了各类金属杂质或油泥杂质的沉淀,很容易导致铁芯的下铁轭与油箱底部出现联通问题,并进一步导致多点接地故障。此外要仔细观察主变压器不同构件之间是否存在异物情况,对于平台钻井模块而言,在应用过程中难免会出现不同类型的异物,例如夹件难免会与油箱壁之间出现碰撞问题,此类碰撞最主要因素来源于夹件自身的长度相对较长,并在铁芯位置相关设备出现松动之后受到更强大的冲击进一步形成的。此外在应用直接观察法时也可以全面观察主变电器铁芯硅钢片是否出现凸起问题,如果存在凸起也更容易发生多点接地的故障隐患。

3.1.2 实验法

在应用实验检测方法时可以分别应用直流法或交流法的故障点位检测方式进行判断。首先在直流法中,需要将铁芯与夹件之间的连接片进行打开,随后输入直流电,让其能够直接接入铁轭两侧的硅钢片之后,应用电压表逐一检测电压问题,如果电压表显示为0或出现反方向指针转动的情况,则可以判断为主变压器出现了故障接地情况,而此处点位正是发生多点接地故障的隐患之一。其次在应用交流法检测技术时,可以将220V~360V的交流电接入低压电阻之中,并根据不同的高压或低压接地反应,进一步判断铁芯磁通的具体情况,如果出现了故障则可以从毫安表中显示电流数为0,并将此处点位设置为故障点。

3.2 主变压器故障排查与解决手段

针对以上自查故障的排查,可借助于高压闪络法有效的解决故障的存在,使得平台模块能够正常运行,符合设计规范的要求。需要利用电容器充放电中电容冲击的现象来集中排查和解决。首先需要将铁芯接地及时的切断,借助于电容器设备的充放电现象,击穿放电瞬间,并给铁芯加电流,当电流持续性增大,此时故障点的电阻就会随着环境温度的上升而上升,或者容易被悬浮物或者沉淀物所击穿,这样能够及时高效的消除多点触地故障的产生。具体执行的解决措施和方法如下:

①经过自查隐患,对运行中的变压器应在铁芯接地线上加装对应型号的电流表,或者增加在线监测装置和监测系统,这样就能够及时有效的监测到接地电流的变化,从而为及时的发现故障打下基础;

②如果出现铁芯多点接地故障,则要开展多次、反复性的测试,这样能够保障自查监测结果准确性,以综合性的试验测定、检测等流程,能够全面性的分析故障发生的原因,并对故障点进行排查,结合现场作业的具体环境,选取最为合适的解决和处理方式。切忌不可以盲目的使用高压闪络法进行放电冲击,防治对绝缘设备和绝缘部件造成损坏,增加故障的范围等;

③选择使用高压闪络法,能够及时有效的消除放电冲击导致的接地现象,但是此种方法的应用并不能够实现接地现象的完全解决,而是应加强监视,实现持续性和跟踪式的测试,这样能够对接地的电流环境进行及时有效的监测分析,避免再次发生故障,影响到平台钻井模块主变压器的运行;

④对于主变压器中的冷却设备、潜油泵系统等要及时的监测和排查,检修要及时,这样能够有效的避免轴承结构系统长时间运行导致的金属剥落现象发生,进而引发铁芯多点接触性故障的发生。

3.3 主变压器故障日常检修与维护

对于平台钻井模块而言,主变压器的作用尤为重要,甚至直接关乎平台钻井模块的整体工作水平和工作效率,不仅需要进一步提高主变压器接地故障排查、自检效率水平,同样也需要强化对主变压器日常检修与维护,确保钻井平台模块的主变压器能够始终发挥其作用,针对各类故障隐患也能及时清除,减少平台钻井模块的工作延误几率。例如可以针对主变压器进行日常常态化检修,针对平台钻井模块的主变压器应用情况,进一步健全完善变压器检修计划,针对不同功能区间以及不同位置的主变压器要有针对性的设置检修方案、内容,同时可以针对现有检修计划方案,科学合理调配检修人员,设置专项主变压器以及其他电力设备的日常检修岗位,重视对此岗位中工作人员的专业技能培训。要特别强化主变压器日常检修以及多点接地故障的排查方法教育,让工作人员能够切实提高工作的积极性和主动性,充分发挥作用和价值。其次也要针对主变压器的运行情况进行定期抽检,有效维护平台钻井模块变压器的顺利运转,

如果需要对主变压器进行吊芯大修,则可以在此过程中将主变压器进行彻底清洁,全面检测主变压器的绝缘性能,并在此过程中针对主变压器系统内部与性能要求不符合的相关设备部件、导线材料等进行第一时间的更换与处理,并针对主变压器绝缘油箱等重要位置的油污和铁锈进行消除和解决,确保主变压器故障日常检修与维护能够充分凸显其作用。

除了日常检修与维护方法之外,为了进一步确保平台钻井模块主变压器能够有效运转,也可以对变压器运行之后进行油样获取,要针对现有油样进行油色谱分析,可以在每月定期维修养护中集中提取油样开展分析,提高变压器设备故障效率的发现几率;也可以在变压器运行之后定期监测对地绝缘阻值情况,这种监测周期也可以会同维修与养护工作进行每月开展,并做好记录。除此之外在平台钻井模块主变压器运行过程中,要及时监测相关运行参数,特别是温度、电流等具体的数值如果发生异常问题,要第一时间进行停机检查或处理,减少故障隐患的影响范围。

4 结论及建议

结合实际工作经验,在对主变压器故障自查的过程中,首先,检查出钻井主变绝缘隐患,自行成功排查故障恢复绝缘,节约外委费用。保障了钻井设备安全、供电安全,保障电网稳定,保障安全生产。及时恢复钻井模块供电,保障钻井模块钻井作业顺利开展。进一步熟悉变压器内部结构原理并编制了详细检修方案,为以后处理类似隐患积累经验。期望能够本文的论述,为及时的发现故障,解决故障提供坚实的理论和技術支撑。

参考文献:

- [1] 刘建军,于长贵,李献,李丙权.两江水电站1号主变压器铁芯多点接地故障分析及处理[J].吉林劳动保护,2021(02):19-21.
- [2] 尹超勇,徐浩,许立强,李辉.一起线路高阻接地故障引起的主变越级跳闸事故分析[J].湖南电力,2020,40(04):51-54.
- [3] 杜严行,叶树平,马银环,陈元毅.一起35kV主变压器跳闸事故分析[J].山东电力技术,2020,47(05):56-60.
- [4] 张文军,张文斌,易善军,徐柳飞,杨丹琳.基于最小二乘法的变压器接地故障励磁涌流仿真分析[J].电子测量技术,2020,43(05):47-50.
- [5] 薛凯.110kV变压器间隙保护的改进对策[J].电子世界,2019(14):190-191.
- [6] 董保霞,黄军.浅析主变压器消弧线圈的运行维护与故障处理[J].电子制作,2018(12):96-97.
- [7] 梁康,任军霞,石国强,王坤.35kV主变压器铁芯多点接地故障的诊断[J].电子测试,2017(20):80-81.
- [8] 王家勋,付可弘,赵文彬,黄有国,张哲.500kV主变压器低压套管故障判别与分析[J].农业科技与装备,2017(05):34-35.