

试论真空断路器在运行中常见的故障检修与维护

陈静秋

国网山西省电力公司大同市云州区供电公司

摘要:真空断路器在电力系统中有着广泛的应用,真空断路器具有结构简单、制造成本低等优点,所以在电力系统中得到了广泛的应用。但是由于真空断路器在实际的使用过程中,还存在一些故障问题,这就需要加强对其运行状态的监控,及时发现真空断路器运行中存在的问题,并及时进行检修和维护,从而保障真空断路器能够安全稳定地运行。通过对10kV真空断路器的日常维修和故障原因的分析,给出了10kV真空断路器常见故障的处理办法及防范措施,为操作维修人员提供了一个参考,使其能够更好地发挥其技术优势,提升我国电网的整体装备水平。

关键词:真空断路器;维护;故障;处理方法

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.065

它具有电气和机械寿命长、开断绝缘性能好、持续开断的性能好、尺寸小、质量轻、能够频繁运行、无火灾、运行维修费用低,所以很快就被电力部门的运行、检修和技术人员所认同。

我国前期研制的高压真空断路器在运行时载流电压较高,品质不稳定,甚至出现泄漏。到了1992年天津召开的真空断路器应用技术交流会,其生产技术已跻身于世界同类产品的先进行列,标志着我国在该领域的应用和生产技术取得了历史性的突破。在真空断路器大量使用的同时,其失效也是经常发生的。

随着电网的快速发展,10KV真空断路器已经在中低压电网中得到了大规模的推广应用,对一线维修人员来说,掌握其工作原理,分析并解决真空断路器的常见故障,提高其维修保养水平,确保其安全运行,是一项十分迫切的任务。

一、真空断路器灭弧室的结构特点

真空断路器是一种以玻璃、陶瓷或微晶玻璃等无机绝缘体制成的外壳,它包含动触点和静触点,它们各自固定在可动导向杆的顶端,而静触点又被固定在静导电棒的顶端,通过一种封闭的方式将动静触点的两端封闭起来。动导杆位于灭弧室的内部与外部,动导杆穿过波纹管与金属盖的中央孔从真空灭弧室外伸出,波纹管为一种弹性材料,能在导杆方向上纵向伸缩,因此动导杆的运动不会损坏灭弧室的密封性能,波纹管通常由0.15厚的不锈钢油压成形,其上部安装有金属护罩,以防电弧生成物灼伤波纹管。然而,在经历了数次开断电流作用后,触头接触表面会不断地被磨损,从而导致触头行程增加,从而导致波纹管的工作行程增加,从而导致其使用寿命急剧降低。真空断路器管是一种单独的密封元

件,接触器不能拆卸、更换,如有泄漏或接触器磨损超出规定值,则应予以更换。由于其内部气体压力较小,通常只有 1.3×10^{-4} Pa,因此具有良好的灭弧性能。

其机械性能、开启性、绝缘性能、环境耐受性等是其正常工作的先决条件。因为在灭弧过程中,接触间隙内的绝缘介质均为完全真空,所以不存在发生火灾、爆炸的风险,也不会对环境造成很大的破坏。电弧熄灭是在封闭的容器内进行的,因此不会产生游离气体,因此不会出现绝缘间隙闪络或被击穿的情况。

二、真空断路器的维护

因为它的灭弧室品质比油开关好,所以它的电、力学性能都有了很大的改善,而且它的安装和维修也很容易,但它并不是“免维护”。对真空断路器进行年度检修,主要内容有:(1)检查有无气体泄漏。真空断路器的灭弧能力主要依赖于其高真空度的灭弧能力,它是开关的“心脏”,它的工作性能与工作寿命直接依赖于它的密封性能,所以,真空灭弧室一定要避免漏气,并通过严格的生产工艺及出厂检验来确保灭弧室的真空度。

在正常状态下,真空断路器管的零件,如防护罩,颜色亮丽,不被氧化,不会受到污染。当灭弧室有气体泄漏时,接触件的表面会失去金属的光泽,变得发黑,在断开时会有暗红色的电弧出现,并出现红光,说明真空灭弧室已经有了气体泄漏。利用真空测试仪来测量,效果非常好。(2)对测量断路器的超程及冲程进行检测。真空断路器超行程是检测触点磨损程度的一个重要指标,超行程的减少即为触点的磨损。如果触点的磨损累积大于4毫米,则需要更换。所以,触头的超程、冲程要严格控制在每一次的超程调节都要做好记录。(3)对所述传导回路的所述电阻值进行检测。静

触头和动触头的接触电阻与触头之间的压强有关，当压强较大时，触头的接触电阻随压力的增大而趋于稳定。所以，对于真空断路器，应进行直流阻抗测试，其接触电阻一般不超过40微欧姆，各相回路的接触电阻不超过100微欧姆。（4）对真空断路器二次回路的连线、地线有没有松动，二次开关的接线是否正常，二次回路是否松脱，辅助开关是否接触不良，都将直接影响到真空断路器的控制与保护功能。（5）对各传动部件的润滑状况进行检查，对断路器操纵机构的开闭部位进行经常性的磨损检测，发现不正常的，要立即进行修理，同时要给机构的旋转部件和移动部件进行定期的加注润滑油。（6）对导电部件和绝缘子表面吸附的尘埃进行清扫，使其清洁、洁净。

三、真空断路器在运行中常见的故障及处理方法

（一）真空泡真空度降低

1. 故障现象。真空断路器的真空气泡自身无法判断其内部的真空，也无法判断其内部有没有漏气，在操作过程中无法直接反映。

2. 原因分析。造成真空度下降的原因是：A、生产过程中出现了一些问题，如制造过程中出现了一些问题，如气泡表面有细小的渗漏；B. 对于使用了电磁操作机构的分体式真空断路器，在运行过程中，因为操纵连杆的间距过大，会对开关的弹跳、同期、超行程等特征产生影响，从而加速了真空下降的速率；C. 气泡内波形管的制造技术或材料有问题，经几次运行后，产生渗漏现象。

3. 故障危害。真空断路器真空度的降低，会对断路器的开断能力造成很大的影响，从而缩短断路器的工作寿命，甚至造成开关的爆炸。

4. 处理方法。在对断路器的周期性断电维修中，要用真空测试仪对其真空度进行检测，若发现真空下降，应及时更换，并作行程、同时性和弹跳等性能测试。

5. 预防措施陆隐无语。（1）在选择真空断路器时，一定要选择有声誉的厂家，并已成成熟的产品；（2）选择机身和操纵装置为一体的真空断路器；（3）为了保证断路器的正常工作，维修人员在进行停电检修时，要进行同期、弹跳、行程和超行程等试验。

（二）真空断路器分闸失灵

1. 故障现象。（1）现场手动分闸失败；（2）远程控制开关跳闸故障；（3）当发生故障时，继电器动

作，而开关不能断开。

2. 原因分析。（1）断路器绕组断开；（2）断路器合闸动作回路断开；（3）运行供电电压降低；（4）断路器绕组的阻值增大，断路器的分闸力减小；分闸顶杆变形，在开闸过程中产生卡死，使闸板压力减小；（5）分闸顶杆发生了较大的变形和分闸时卡死现象。

3. 故障危害。当故障发生时，制动装置失效，会引起事故的跨区，使事故的规模进一步扩大。

4. 处理方法。（1）检查断路器绕组的断线情况；（2）检查开关回路有没有断开；（3）检查工作电压的状态；（4）对分接开关线圈的阻值进行测试；E. 检查闸板推杆有没有扭曲；（5）为了防止分闸顶杆的变形，将铜制的推杆改成钢制的。

5. 预防措施。操作人员如果看到断路器、断路器的指示灯没有点亮，要立即检查断路器的线路是否断开；维修人员在维修中要注重对开合圈的直流电阻进行测试，并查看分闸顶杆有没有变形；若开关顶杆材料为铜，则用钢材料代替；为确保断路器工作可靠，必须进行低压开断实验。

（三）弹簧操作机构合闸储能回路故障

1. 故障现象。（1）关闭后，不能再打开；（2）蓄能马达不断地工作，严重时会造成马达绕组过热而造成损坏。

2. 原因分析。（1）行程开关的安装位置偏低，导致闭合弹簧还没有蓄能完成，行程开关触头已经完成了切换，电动机的供电被切断，弹簧储存的能量无法完成分闸操作；（2）行程开关的安装位置偏高，导致在蓄能完成的情况下，行程开关触头尚未切换，但储能马达仍在运行；（3）行程切换器被破坏，无法使能量储存马达停止工作。

3. 故障危害。当合闸能量未投入使用时，若线路出现故障，断路器分闸，将导致事故越限，事故规模增大；当能量存储设备发生故障时，真空断路器就无法进行分合闸操作。

4. 处理方法。（1）通过调节冲程开关的位置，精确地切断电动机的电源；（2）当行程开关被破坏时，应立即进行替换。

5. 预防措施。在开闭操作中，操作人员要仔细观察断路器开闭时的储能显示，以便判断开闭时的能量储存状态；检修工作完成后，维修人员要现场对断路器进行

2次分合闸检查，以判断其是否完好。

（四）分合闸不同期、弹跳数值大

1. 故障现象。这种故障只能用性能测试仪来测定，以得到相关的数据。

2. 原因分析。（1）真空断路器机体的力学特性不佳，在运行多个周期后，会因机械因素而产生不同步，弹跳数值偏大；（2）分裂式断路器操作杆件间距大，分闸力传递给触头时，各相间有一定的偏移，造成不同步，弹跳值偏大。

3. 故障危害。若发生不同步或跳跃较大，则会使真空断路器的过流能力受到很大的影响，从而影响其使用寿命，甚至可能导致爆炸。因为这个失败是隐藏的，它的危险性就更大了。

4. 处理方法。（1）通过调整三相隔离杆的长度而确保其冲程不会超过冲程，从而使同步测试和跳跃测试结果都在可接受的范围内；（2）如果调整后还不能满足需要，可将不合格的汽泡更换，重新调整，直到满足需要。

5. 预防措施。针对分体式真空断路器的安全隐患较大，建议采用一体化的真空断路器进行更换；在日常维修工作中，要使用性能测试仪对相关的性能进行试验，找出问题并加以解决。

四、通过建档制定合理的检修计划

对于企业来说，通常的生产任务都是很紧张的，所以不能有太长的停电时间。这就需要对高压电器进行快速维修，这就对制定维修计划的合理性提出了更高的要求，只有根据文件记载和平时的操作经验，才能实现合理、有针对性的维修。由于设备的实际使用情况不同，所以在制定检修计划时，主要是依据文件资料。

对定期维修的高压真空断路器，主要包括：每六个月进行一次检查：（1）对高压真空断路器的驱动装置进行外部的清理，并涂抹油脂；确保紧固件不牢固；为了保证开关的安全开闭，必须对其进行检查；清除电闸上的粉尘，保证电闸运行的安全性；在机器上涂抹油脂，能增加机器运动的灵活性，降低摩擦和磨损。

（2）查看闭合绕组的铁心有无卡死，合闸的功满足要求，拉钩通过死点的情况（死点过大，开关困难，开关困难，开关过小，易掉落）。（3）销轴的状况：销轴的磨损程度有没有太小；圆柱形销有无弯折或有可能掉落。（4）缓冲装置：液压缓冲装置有无漏油现象，有无机油或无油现象；弹簧减震器有没有用。

一年内需要进行一次维修的有：

（1）闭合时间：直流电磁法不应超过0.15秒，弹簧不应超过0.15秒；开关时间不能超过0.06秒；三个动作的同步时间不超过2毫秒；

（2）合闸触点的跳跃时间不超过5毫秒；

（3）闭合速度平均0.55米/秒±0.15米/秒；

（4）（在与机油缓冲装置接触之前）的平均开闭速度为1米/秒。

在确定额定绝缘水平时，一般只进行1分钟无飞弧的42KV工作电压试验；如果有条件，可以不做真空试验，但42kV及更高电压的相际及断裂处，应做工频耐压实验（无工频时，可用直流电源代替）。对于5-10年的真空断路器，它可以调节触头的张开程度、接触冲程、润滑油缓冲冲程、两相中间距离、三个动作同步度、动作触头的接触压力、跳动时间、动触头累积磨损等。

结束语

真空断路器应用广泛，但目前还没有相关的维修工艺规范，不同的生产厂家生产的真空断路器工作机理也不一样，并且真空断路器还存在着真空度降低、分合闸不同期、弹跳大等隐患，因此，在维修过程中，一定要借助相关的科学仪器对其进行检测与测量，用真实的数据来解释问题，并用真实的数据去论证和解决问题。同时，相关部门也要尽快制订出一套完整的、规范的养护技术规范，以供以后的养护工作借鉴。

参考文献

- [1] 谭佳明, 叶奕君, 李国玉, 杨爱军, 王小华, 刘定新, 荣命哲. 基于振动信号的交流中压真空断路器故障诊断技术研究[J]. 高压电器, 2019, 55(11): 218-226.
- [2] 陈亮. 电力系统高压真空断路器分合闸线圈的烧毁原因及预防策略研究[J]. 电子制作, 2019, (14): 95-96.
- [3] 韩筛根, 王涛, 魏东新. 某12 kV真空断路器耐压故障分析及电场优化[J]. 高压电器, 2018, 54(9): 52-57.
- [4] 林敏. 分析真空断路器的故障原因和解决途径[J]. 信息通信, 2017, 30(10): 278-279.
- [5] 李天辉, 贾伯岩, 夏彦卫, 范辉, 甄利, 李晓峰, 武玉才. 断路器分合闸线圈温度特性分析[J]. 电工技术, 2021(10): 151-154.