

微水含量对六氟化硫断路器性能的影响及评价研究

欧阳鹏举 王梦薇

国网河南许昌供电公司 河南许昌 461000

摘要: 随着电力系统的不断发展,六氟化硫(SF₆)断路器以其出色的绝缘性能和灭弧性能在电力传输中扮演着举足轻重的角色。在实际运行过程中SF₆断路器中的微水含量问题逐渐显现,成为影响断路器性能和安全运行的重要因素。微水含量的存在不仅会影响SF₆气体的绝缘性能,还可能引发腐蚀、闪络等安全问题,对电力系统的稳定运行构成威胁。因此,研究微水含量对SF₆断路器性能的影响,掌握其影响机制,并采取相应的控制措施,对于提高SF₆断路器的运行安全性和稳定性具有重要意义。基于此,本文章对微水含量对六氟化硫断路器性能的影响及评价进行探讨,以供相关从业人员参考。

关键词: 微水含量;六氟化硫断路器性能;影响;评价

引言

六氟化硫断路器作为电力系统中重要的高压开关设备,具有优异的绝缘性能和电气性能,能够可靠地保护电网设备和运行。然而,微水作为一种常见的杂质,可能会对断路器的性能产生不利影响。因此,研究微水含量对六氟化硫断路器性能的影响具有重要的理论和实际意义。

一、六氟化硫断路器的特点

六氟化硫是一种能够实现灭弧的气体,合成后的六氟化硫断路器能够作为电力系统中的保护装置之一,在高压环境中最常见的开关主要分为油断路器、真空开关和空气开关。六氟化硫交换器与传统交换器相比具有强大的竞争优势。与油断路器相比六氟化硫开关轻便实用,虽然在实际应用中油断路器比六氟化硫开关贵得多,但由于成本高,我们将逐步退出使用阶段。与真空开关和空气开关相比,六氟化硫保护开关具有更明显的优势,更高的性能和更强的屏蔽能力,使六氟化硫保护开关在市长/市场竞争中脱颖而出,为市长赢得更大的市场份额,成为电压系统的主要应用。六氟化硫保护开关的主要部件是分离元件、操作装置和驱动系统。作为六氟化硫保护开关之一,它主要由电弧吹制而成,其工作机理分为气动、液压、弹簧和电磁四大类,由开关的特点和工作条件决定。在结构特性方面液压开关主要依靠机械和动作线元件来控制 and 驱动开关,而单相或多相结构之间的连接则利用液压缸来达到弯管损坏的效果。

二、微水含量对六氟化硫断路器性能的影响

(一) 微水含量对绝缘性能的影响

微水是断路器内部常见的杂质之一,它会对断路器的绝缘性能产生显著影响。在断路器内部,微水会与SF₆(六氟化硫)气体发生反应,生成乙醇和氢氟酸等有害气体,从而降低断路器的绝缘性能。而且微水还可能导致六氟化硫气体的纯度降低,使得断路器的击穿电压降低,绝缘性能降低。微水还会促进六氟化硫气体中的氧化反应,导致产生硫酸和氟化氢等腐蚀性物质,这些物质会对断路器的绝缘材料造成腐蚀,降低绝缘性能,甚至导致设备故障。因此,微水含量的增加会显著降低六氟化硫断路器的绝缘性能。

(二) 微水含量对电气性能的影响

六氟化硫断路器的电气性能对电网的安全运行具有重要影响。微水含量的增加会导致SF₆气体中的电导率增加,这样会影响断路器的电气性能。当微水含量超过一定范围时,SF₆气体的绝缘性能将受到严重影响,电气击穿的可能性会增大,从而影响断路器的可靠性和稳定性。微水含量的增加还会使SF₆气体的局部放电活动增加,可能在断路器内部产生击穿放电现象,导致设备损坏。因此,微水含量对六氟化硫断路器的电气性能也具有重要影响。

三、六氟化硫断路器微水含量超标的原因分析

(一) 断路器材料的影响

六氟化硫保护断路器位于固体材料和涂层内部,在高温下将水分释放到材料中,使气体的湿度感随温度的升高而增加。当温度下降时,气体中的水更多地集中在

壳体表面，并且绝缘，气体中的水含量下降。一般来说六氟化硫含有一定量的水蒸气分子，当室外温度降低时，水蒸气分子的平均行为降低，大量的水蒸气分子被陶瓷壁或绝缘表面吸收，六氟化硫气体中水蒸气分子的重量降低，气体含量相应测量随着温度的升高，水蒸气分子的平均动能增加，酸性蒸汽分子被释放到热壁和六氟化硫气体表面，分子数目增加，故此时测得的气体含水量相应增大。

（二）气体充入操作不规范

在充气操作过程中如果不按照断路器的操作规则和流程要求进行操作，就会导致断路器内部气体含水量超标。在充气操作中气瓶位置放置不当，会导致气体充入时发生泄漏或者混入大量空气，从而增加了断路器内部的湿气含量。充气管道在使用前没有经过干燥处理或者未能保持干燥的状态，就容易导致管道中携带着湿气或水汽，当向断路器内充入六氟化硫气体时，就会引入额外的水分导致微水含量超标。果断路器的锁定装置设计不合理或者使用不当，会存在密封不严或易产生漏水的情况，导致外部环境中的水分渗入到断路器内部，就会增加断路器内部气体中水的含量，影响其正常使用。

（三）环境温度对外部水分的影响

在六氟化气体中断路器承受一定压力，但由于其结构的不均匀性，外部水蒸气分子仍通过断路器的非密封部分进入内部。这种外部水分的渗入程度受到环境温度的影响。当环境温度较高时，外部相对湿度往往也较高，这会增加外部水蒸气穿透设备材质进入断路器的性。高温环境下材料膨胀，表面缝隙扩大，导致更多外部水分进入断路器内部。随着外部水蒸气量的增加，六氟化硫断路器内部的微水含量也会增加，从而影响设备的正常运行和绝缘性能。低温环境下材料收缩，表面缝隙相对缩小，限制了外部水分的渗透，相较于高温环境，低温环境下外部水分对六氟化硫断路器的影响会相对减弱。

四、降低六氟化硫断路器中的含水量的措施

（一）重视时间和温度的影响

随著时间的推移，气体装载后约2天测得的湿度值与先前无湿测试实验后约10天大不相同。断路器湿度的主要原因有：六氟化硫气体的防水含量、内腔断路器和组件表面主要带有指数增长曲线在内外压力的影响下，湿度通过填料进入房间。对于符合空气泄漏检测标准的设备，其含水量主要取决于气体本身的湿度以及与设备相关的湿度。湿度测量因步骤而异，需要确定断路器湿度的稳定值；实验表明，在输液后72小时内完成装置

时，水分含量基本稳定。根据GB50150-91标准，输注24h后可达到90%以上的稳定控制值，输注24h后应进行微波试验。在温度方面水蒸气的湿度受温度的影响，温度会升高，所以在夏季有必要加强对湿度的监测。

（二）控制绝缘件的处理

为了确保绝缘体在工厂封装时不受到外界潮湿环境的影响，可以在包装之前对绝缘件进行绝缘和干燥处理。通过在制造过程中对绝缘件进行专门的干燥处理，可以有效减少其吸湿率，提高密封效果，降低绝缘件内部含水量，从而减少了向六氟化硫气体中引入水分的可能性。在封装绝缘材料时采取措施防止污垢的运动和内部积水，影响清洗和干燥后的气体质量。合理包装绝缘材料，防止外界环境因素对绝缘件造成污染或者湿润，确保绝缘件能够在最佳状态下运输和存储，避免受潮产生水分。也需要注意使用干燥的氮气进行包装，以提供一定的保护环境，防止绝缘混合和安装过程中受潮。对于绝缘件的储存、运输和安装过程也需要严格把控，以确保绝缘体的最佳状态得以保持，为六氟化硫断路器的正常运行提供坚实保障。

（三）支柱中水分的处理

对于干燥循环，使用干燥和真空气体从柱中提取柱的水分含量以降低水分含量。吸附剂饱和后，必须更换柱上的吸附剂。对于柱子，由于其较大的尺寸，吸附剂不仅可以安装在柱子的顶部，也可以安装在柱子的底部。吸附塔的含水量一般是陶瓷塔中六氟化硫断路器的最高含量，一般监测的含水量也是塔的最低部分。支柱有两个。该柱不含任何吸附，如果柱含有吸附剂。处理方法有不要添加吸附剂，使用溶解法将吸附剂加入后干燥48小时以上。如果热水含量不严重，也可以在地面条件下使用，安装吸附剂。吸附塔有一个吸附剂，当环境温度高时，吸附剂可以立即使用，六氟化物回收装置回收塔内的气体。

（四）处理室中混合气体的应用

六氟化硫（ SF_6 ）气体，以其独特的性能，在电力系统中被广泛应用为优良的绝缘和灭弧介质。纯六氟化硫气体在低温环境下易液化，这一特性极大地限制了其在寒冷地区的应用。为了克服这一难题，扩大六氟化硫的应用范围，生产厂家开始尝试在纯六氟化硫中加入其他气体，如氮气（ N_2 ）、四氟化碳（ CF_4 ）或二氧化碳（ CO_2 ），形成混合气体。混合气体的使用，不仅能够提高六氟化硫的耐温性，减少在低温下的液化可能性，还能够改善其电气性能。氮气作为一种惰性气体，与六氟

化硫混合后,能够增强气体的稳定性,减少气体间的化学反应。四氟化碳和二氧化碳的加入,则能够进一步提高混合气体的绝缘强度,使断路器在更高的电压下也能稳定工作。在国内市场上,许多厂家已经开始采用这种气体混合物作为断路器的电弧和绝缘介质。这些混合气体不仅提高了六氟化硫的耐温性能,使其能够在更广泛的环境条件下使用,同时也增强了断路器的电气性能,提高了电力系统的稳定性和安全性。

(五) 定期检查

定期检查六氟化硫保护开关,包括陶瓷帽破损、闪烁现象、连接过热、红色现象,当实际分离和机电显示时,位置一致,压力表读数应调至开关的T-P曲线。当开关被拒绝或拒绝时,组件可以先现场执行停止操作,以消除开关状态是否正常,机构组件是否变形或锁定,开关脉冲电阻是否保持在电源中,条件是否正常等。二次开关规划后,检查控制开关、二次开关、空气阻断继电器等触点是否齐全、断开等。还要严格遵守操作规则,充气应在干燥的环境中进行。除了对六氟化硫工艺进行日常检查和维护外,还必须严格遵守工艺规范,充气管道必须采用PTFE材料制成,充气管道在膨胀前必须严格干燥。然后,用六氟化硫气体清洁管道,以确保没有油或污染。

(六) 更换吸附剂

吸附剂的主要作用是吸收并固定断路器内部的水分,从而保持SF₆气体的干燥和纯净。随着时间的推移,吸附剂的吸附能力会逐渐减弱,甚至可能饱和和失效,此时就需要对吸附剂进行更换。烘干温度过高或时间过长,都可能导致吸附剂的结构破坏,使其吸附性能降低或完全失效。相反,烘干温度过低或时间过短,则可能无法彻底去除吸附剂中残留的水分,影响吸附效果。在更换吸附剂前,需要仔细研究吸附剂的材质和特性,确定最佳的烘干温度和时间。在更换吸附剂时还需要注意操作过程中的细节问题,确保操作环境的干燥和清洁,避免外部杂质和水分进入断路器内部。更换过程中要小心轻放,避免对断路器内部的其他部件造成损伤。更换完成后应对断路器进行全面的检漏和测试,确保吸附剂更换工作正确无误,且断路器能够正常运行。

(七) 设备密封与检漏

在充气完毕之后,对设备的密封处、焊缝以及管路

接头进行全面的检漏非常重要。通过仔细检查确保设备没有泄漏,可以有效防止外部水分侵入设备内部,进而影响SF₆气体的含水量。密封处是防止SF₆气体泄漏和外部水分渗入的最主要位置。任何密封不严密或者损坏的情况都可能导致SF₆气体泄漏,同时也容易使外部潮湿空气进入设备内部。确保设备密封性良好,对于维持SF₆气体干燥状态至关重要。检查设备的焊缝和管路接头是否存在漏气情况,这些连接处通常是SF₆设备中的重要部件,如果有任何泄漏,都可能导致SF₆气体损失和外部水分侵入。在施工完成后对焊缝和管路接头进行仔细的检查非常必要。定期对设备进行检漏操作并建立健全的检测程序和记录系统,及时发现潜在的泄漏问题并加以修复。

结束语

综上所述,微水含量对六氟化硫(SF₆)断路器的性能具有显著影响,直接关系到电力系统的安全稳定运行。因此,必须高度重视SF₆断路器中微水含量的监测与控制工作,采取有效的措施减少微水含量,确保SF₆断路器的性能达到最佳状态。随着科技的不断发展,我们还应积极探索新的监测技术和控制方法,为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 杨韧, 张晓, 彭雅楠, 等.SF₆断路器开断过程中固体分解产物研究[J]. 高压电器, 2022, 58(12): 21-27+36.
- [2] 王佳琳, 周雄, 彭彦军, 等.SF₆断路器灭弧室内短路电流开断过程仿真研究[J]. 广东电力, 2022, 35(11): 72-80.
- [3] 李吉侗, 张海. 电力设备六氟化硫快速充气装置设计应用[J]. 机械研究与应用, 2022, 35(05): 233-235+239.
- [4] 唐云武, 高代阳, 周涌丰, 等.一起SF₆断路器故障引起分闸的分析处理[J]. 水电与新能源, 2022, 36(09): 61-63.
- [5] 王伟明.SF₆断路器内部温度实时监测系统设计[D]. 沈阳工业大学, 2022.
- [6] 邓冰, 王贺, 孟庆伦.六氟化硫断路器气体微水超标分析及预控措施[J]. 电工电气, 2022, (03): 69-70.