

变电检修中高压SF6断路器常见故障分析及检修维护研究

易国伟 代维谦 邓沛

国网湖北省电力有限公司孝感供电公司

摘要:如今,电力工业的发展越来越快。为了满足当前社会对用电量的高要求,电力企业应高度重视电力系统的运行安全,在系统架构设计中不仅要安装高压SF6断路器,而且还要做好断路器检修维护工作,这样才能确保电力系统能够始终处于安全稳定的运行状态中。本文结合高压SF6断路器安全性的重要意义,对其在变电检修中容易出现故障问题进行着重分析,并提出相应的处理技术和检修维护策略,以便有关人士参考。

关键词:变电检修;高压SF6断路器;常见故障;检修维护

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.078

引言

SF6断路器主要通过SF6密度继电器进行压力监视,通常情况下密度继电器具有温度自动补偿功能,使指示的压力值始终折算到气体在20℃状态下的压力值,当环境温度升高,压力随着升高,给予负的压力补偿,温度降低,压力随着下降,给予正的压力补偿。

一、确保高压SF6断路器安全性的重要意义

高压输电的实现涉及电压的调整及控制,而高压SF6断路器则直接影响电流高低压的转换、输电、配电及发电。当今社会的正常运行对电能有非常高的依赖,因此,保障电力供应的可靠程度,也成为维护社会正常运转、保障社会和谐的重要工作。一旦高压SF6断路器在运行过程中出现绝缘故障或导致绝缘事故,很容易造成一个或多个社会重要工作单位无法正常运作,在故障处理期间,就要面临一定程度的经济损失,甚至在严重情况下还可能导致社会职能瘫痪,让城市的一部分乃至整个城市停摆,由此所造成的社会影响同样十分严重。在考虑到这方面可能性的情况下,做好高压SF6断路器的维护保养、确保其正常稳定运行就具有非常重要的社会意义,这部分工作本质上是对社会运行及相关生产工作的重要保障,也是维系民生活活动正常运行的关键影响因素^[1]。

二、变电检修中高压SF6断路器常见故障分析

(一) SF6断路器气体压力异常

气体泄漏是造成气体压力异常的主要原因之一,而气体泄漏主要有两个方面:(1)设备本身,如设备密封性差,气体管道老化,特别是支撑瓷套和法兰连接位置,因为压力很大,如果密封不密实,结合面不密实,密封圈凹凸、粘连不稳固很容易造成泄漏。(2)操作

人员的问题,如操作不当,维护不当等。温度的变化,SF6气体的压力随着温度的变化而变化,当环境温度变化较大时,SF6气体的压力也会相应地变化,从而导致气体压力异常。温度变化的原因可能是环境因素,如气温变化,季节变化等,也可能是设备本身的问题造成,如设备散热不良,加热器故障等。气体质量问题,SF6气体本身质量不合格或含有杂质,例如SF6气体中含有水分或其他杂质,会导致气体压力下降或不稳定。气体的充填问题,气体充填不足或充填过多,也可能导致气体压力异常,充填不足会导致气体压力过低,而充填过多则会导致气体压力过高。在此次SF6断路器气压低频繁告警的故障处理过程中,检修人员在前2次出现气压低告警又未发现渗漏点的情况下认为是SF6密度继电器造成,而SF6断路器因密度继电器本身原因而造成的气压低报警故障频次相对来说比例不算太高,一般在气体继电器数据显示异常或达到制造商推荐的检验周期下才开展本项目,并且一般基层班组都未配置相关的检测仪器,从而导致SF6密度继电器的校验工作未能有效地开展。检修人员拆解上瓷瓶下法兰的连接处,发现金属法兰表面锈蚀严重,并且有进水痕迹,法兰连接处填充使用的是普通玻璃胶,胶水材质不良,导致胶水在水汽环境中水解、老化、开裂,外部盐分、杂质、空气随水汽沿裂缝渗入内部,腐蚀了内部密封圈,致使密封圈老化破损,最终导致漏气。

(二) SF6断路器的气体腐蚀性问题

由于SF6断路器在运行过程中存在大量的SF6气体,气体具有较强的吸水性,因此很容易造成SF6断路器表面的水蒸气凝结,进而造成SF6断路器表面的闪络,影响SF6断路器的安全性。与此同时,SF6断路器所采用的

SF6气体在化学反应时会产生腐蚀性过强的气体，甚至还会存在高温的情况。而且SF6气体对于铝材料的发散性非常强，所以SF6其他本身便会对SF6断路器的内部结构造成一定损坏。如果SF6断路器长时间在腐蚀环境下工作，则很容易造成SF6断路器结构受到腐蚀性损坏，因此如何控制SF6其他的含量以及设备环境的干燥程度则非常重要^[2]。

三、变电检修中高压SF6断路器常见故障检修维护要点

（一）SF6断路器气体压力异常防范措施

SF6低压报警一般发生在气温较低的天气，温度对SF6气体压力有很大的影响，而日常的操作维护中，如何做好SF6断路器的维护和检修，提出了以下措施：规范SF6断路器充气操作的标准化。严禁直接通过气瓶对SF6断路器充气，必须使用SF6减压阀充气装置，进行降压后再充气，以免气瓶中过高的气压对SF6密度继电器造成损坏。充气前，应对设备进行泄漏检测，确保断路器无泄漏，同时查阅SF6气体温度压力曲线，找出当前温度对应的压力值，严格控制压力值在标准以内；确保SF6气瓶气压和微水试验合格，充气装置清洁干燥，减压阀与设备充气接头的管路长度符合要求，管道空气已排尽；安装充气接头和SF6气瓶，打开阀门，调节减压阀对断路器进行充气；充气完成后应记录充气后的压力值，再次检测阀门等地方有无气体泄漏；清理现场，结束工作。加强变电站SF6断路器的运维管理。（1）加强SF6断路器的进网验收管理，检查密封试验合格，SF6气体水分含量检测符合规程规定；（2）定期检查SF6气体压力，确保气体压力处于正常范围内，重点做好低温环境下的SF6压力抄录对比，检查机构箱中的加热器和传感器运行是否正常；（3）SF6断路器气压异常导致断路器闭锁时，不可擅自解除闭锁进行操作。加强维护和保养。SF6断路器需要定期进行维护保养，如清洗机械部件，检查电气部件等，确保设备处于正常工作状态。保证密度继电器的安装位置符合要求。（1）密度继电器与开关设备本体之间的连接方式应满足不拆卸校验密度继电器的要求；（2）密度继电器应与被监测气室处于同一运行环境温度；（3）户外SF6断路器密度继电器应采取防止二次接头受潮的防雨措施。开展相关检测工作。（1）结合巡视利用红外成像技术和激光技术带电检测SF6断路器有无气体泄漏现象；（2）在SF6断路器停电检修时，同时开展密度继电器的校验，对于不满足校验条件的密度继电器进行三通阀改造。对于因漏气

率小而造成的SF6断路器气压低告警，通常时间间隔较长。使用SF6定性检测和红外检测，受阳光、风等环境影响，其发现的难度较大，可以选择灵敏度和准确度更高的SF6定量检测仪，其精准度一般可达到0.01 μL/L。

（二）应对SF6断路器开关故障的措施

在维修SF6断路器时，要注意SF6断路器周围环境的湿度，保证SF6气体不会产生水蒸气凝结。同时，如果SF6断路器内部温度过高，也会导致SF6断路器内部元件老化甚至跳闸，进而导致整个供电系统产生较为严重的事故。为此，在变电检修的过程中必须要对SF6断路器的信号杆进行清理以及测试，并且要更换好密封配件，以确保能够有效避免因为SF6断路器气体泄漏而导致开关分合闸失效的情况^[3]。

（三）高压断路器全真检测

（1）发明全真检测、“自”能诊断两项核心技术，完全模拟断路器运行状态，精确测试断路器参数，智能化判断断路器健康水平。全真检测技术：在传统的测试中，被测断路器与测试设备采用钳形连接。夹紧容易脱落，误碰到相邻的引脚。全真检测技术通过即插即用二次转换装置模拟实际运行连接方式，构建直流、交流、多级电压运行环境，完全模拟了断路器实际运行状态，确保了断路器参数测试精确，一次试验正确率由原先的88%提升到99.8%。（2）一键检测方法，一次连接、一键测量即可实现对高压断路器的全面检测，大幅缩短检测时间。提出了高压断路器一键检测方法，将检测需要的分合闸、解锁、仪表测量等功能整合在一套装置中，将多次重复的人工接线优化成一次性的二次转换装置接线，一次连接、一键测量，快速实现对高压断路器的全面检测。一键检测方法摒弃了传统试验中重复查看图纸、多次人工接线的检测模式，将高压断路器检测步骤由原先的查看图纸、人工接线、人工测量、人工储能等17个步骤缩短为一次连接、一键测量等3个步骤，平均检测时间由原先的65分钟缩短至7分钟。（3）研制安全防误功能一体化装置，确保试验全过程安全。装置集成试验接地安全保障、试验区域安全防护等功能，精确测量试验回路电阻，异常时快速切断试验电源。装置运用后，回路电阻测量准确误差低于0.5%，试验电源切断时间小于0.6s，源端防护试验区域安全。高精度定位异常状态点，输电线路长期暴露于野外，沉积在绝缘子表面上的污秽在雾、露、雨等气象条件作用下，使绝缘子的电气强度大大降低，从而使输电线路在运行电压下发生污闪，引起线路跳闸影响线路稳定运行，仅凭现

有工频保护测距技术及变电站行波测距技术在实际应用中，尚无法保障准确定位故障点位，为解决当前线路运维中存在的缺乏精准故障定位技术问题，采用在高压导线上直接测量强度较大一次侧行波，提升了高阻接地故障行波探测效率及定位精度，解决了故障的高精度定位及故障原因辨识的难题，减少故障巡视时间。

四、高压SF6断路器常见故障检修维护优化措施

（一）加强检验人员的责任意识

SF6断路器的维护责任对于变电设备维护工作尤为重要，为了能够保障维护保养人员能够对SF6断路器展开更加全面的维护，相关管理人员应当记录好SF6断路器维护工作的内容和流程，并且对SF6断路器维护工作所获得的参数进行积累，以确保SF6断路器维护工作的内容能够更加全面，同时还能在未来的维护工作打好数据基础^[4]。

（二）强化保养维修工作

高压SF6断路器的维护和维修应制定完整的计划，包括设备各部件维护和更换的性能标准、不同部件的维护周期、开关柜部件维护前后的运行状态记录、维护人员等，以便在开关柜发生绝缘问题时及时追责，落实到有关责任人。在此基础上，还需匹配相应的绩效考核制度及奖惩制度，将高压SF6断路器保养维修状况及运行状况与工作人员及主要责任人的资历、薪酬、待遇等挂钩，激发员工认真执行高压SF6断路器维护保养的积极性与主动性，为开关柜保养维护工作提供制度层面的保障及支持。而在具体的保养维护工作上，则需要详细查验开关柜各部件的运行状态及性能，全面检查部件尤其绝缘结构的完整性，对于已经表现出严重老化的部件应及时更换，存在老化状态的部件则需要记录在案，并匹配单独进行检查维护的时间。除此以外，电力企业还需实时监测并控制电力系统的实际运行状况，对电力系统中存在的异常情况应及时处理，以掐断苗头的方式控制高压SF6断路器出现绝缘故障的可能。最后，针对高压SF6断路器开展的保养维修工作应以保障作业安全为前提，工作人员只有在检查过并确认安全措施完备、完全掌握系统化操作流程的情况下，才能执行高压SF6断路器的保养维修作业。

（三）规范操作控制流程

当今社会的快速发展，加速了各种先进技术和设备在不同行业的应用和渗透，因此一些原本由人类负责的工作已经被自动化设备所取代。但在此之前高压输电是

完全自动化和智能化的，针对高压SF6断路器的操作仍然需要以人为主体进行，且一些重要决断也依然需要由人来决定，这就意味着高压SF6断路器的操作流程依然有规范化的必要，同时，这也是降低开关柜发生绝缘事故概率的重要举措。要实现这一点，就需要做好工作人员的培训，帮助其明确、规范高压SF6断路器的不同操作控制流程，确保他们了解高压SF6断路器中不同结构的功能及出现异常后的处理方法，使之在操作高压SF6断路器时能表现出更高水准的专业能力和职业素养。在此基础上，还需为高压SF6断路器的操作控制匹配相应的管理措施，通过完备、科学的管理措施提升操作流程的规范性与合理性，进而保障高压SF6断路器运行的稳定性及可靠程度，降低因人为因素导致高压SF6断路器出现绝缘故障的可能^[5]。

（四）加强维护人员技术能力

为了确保SF6断路器维护工作能够更加全面，维护保养人员必须要加强多SF6断路器的认识和学习，确保能够通过专业知识培养进一步提高SF6断路器的维修水平，避免因技术不足而导致SF6断路器无法得到全面维护的情况。

结束语

为了能够进一步减少变电站维护过程中SF6断路器出现的问题，维护保养人员必须要熟悉SF6断路器的特点以及潜在的故障，并且加强对SF6断路器故障的针对性诊断以及维护，确保SF6断路器能够正常运行，避免出现SF6因为故障问题而导致压力失控以及构件损坏的情况，从而为整个电力系统的稳定运行打好坚实的基础。

参考文献

- [1] 周鑫阳; 吴裕锋. 变电站设备状态检修及高压SF6断路器的检修策略[J]. 中国新技术新产品, 2019, (18): 42-43.
- [2] 李兴文. 高压SF₆断路器开断性能仿真方法研究综述[J]. 广东电力, 2018, 31(08): 27-36.
- [3] 冯厉鹏. 高压SF₆断路器三维介质恢复混沌行为仿真研究[D]. 沈阳工业大学, 2018.
- [4] 石建清. 关于高压SF6断路器的现状及发展趋势研究[J]. 科技传播, 2015, 7(23): 90+86.
- [5] 林晓斌; 张桂木. 110kV变电检修中SF₆开关装置存在的问题及解决措施[J]. 中国高新技术企业, 2014, (34): 111-112.