

变电站 500kV SF6 电流互感器故障常见原因与应对探讨

王一帆

(国网河南超高压公司, 河南 郑州 450000)

摘要 电网系统中 500kV 变电站广泛使用 SF6 电流互感器, 其稳定运行直接决定着电力系统是否能够正常运行。本文重点分析一起 SF6 电流互感器出现故障的具体详情, 并对产生故障的原因进行介绍, 分析诊断出主要原因是 SF6 电流互感器本身所承担的负荷以及内部接触状态, 并给出一定的故障解决策略, 以期减少电流互感器故障发生的概率, 保障电网运行的安全性和稳定性有所助益, 为相关生产及监管工作提供有益参考。

关键词 变电站; 500kV SF6 电流互感器; 故障诊断

中图分类号: TM63

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)11-0121-03

SF6 电流互感器因其具有防爆、绝缘和安装维护等方面的优势, 在 500kV 系统中被广泛使用。然而, 近年来存在一些与 500kV SF6 电流互感器相关的安全事故, 严重影响电网运行的安全和整体质量, 电网系统必须客观认识到 SF6 电流互感器所面临的问题和挑战, 采取相应的措施提高 SF6 电流互感器的运行质量和安全性能。电力行业的相关部门和设备生产厂家应该共同努力, 提高 SF6 电流互感器的质量和安全性能, 保障电网稳定可靠地运行。

1 500kV SF6 电流互感器故障剖析

以某市的变电站作为研究对象, 该变电站 500kV 系统采用 3/2 接线方式, 在 500kV SF6 电流互感器发生故障前, 所有路线和 500kV 开关均正常运行。

该 500kV 变电站 II 回线发生故障后, 监控后台机报出事故告警信息、保护装置动作和开关变位信息。变电站运维人员立即赶到现场, 检查站内一次设备动作情况、二次设备保护装置、故障录波器动作情况。运维人员检查设备外观无异常, 未发现故障点, 在对打印的保护动作报告和录波器波形进行分析, 发现故障测距显示近区故障, II 回线电流波形异常, 初步判断开关、刀闸设备无异常, 边开关电流互感器内部有问题。运维人员和检修人员研究后递交送电申请, 经调度人员许可, 将边开关隔离后对 II 回线进行试送一次, 试送成功, 把 II 回线边开关电流互感器运行方式转检修。对故障电流互感器进行全面的检查和试验, 发现 II 回线边开关 SF6 电流互感器的 B 相和 C 相的参

数不符合稳定运行标准, 其内部参数远高于现场实际量程, 导致 C 相绝缘值不断下降。因而, 需要对互感器故障进行分析, 主要分析对象为 SF6 电流互感器内部的 B 相和 C 相, 对故障进行录波波形分析^[1]。而电流互感器内部的 C 相出现问题和 B 相类似, 在此仅对 B 相进行分析。

2 500kV SF6 电流互感器出现故障的原因分析

以 B 相故障电流互感器进行分析, 将电流互感器从支柱拆卸之后, 观察电流互感器的外观, 发现电流互感器器身有灼烧痕迹, 甚至顶部绝缘部分烧毁程度不小, 仅剩下一些残片, 对互感器进行进一步解体诊断, 发现一次导体铝管变形严重, 并出现明显的灼烧痕迹。对器身检查后, 三角区域未出现挤压痕迹, 通过对故障电流互感器进行解体检查操作, 分析得出此次出现故障的原因。因此, 电流互感器存在生产工艺质量不足的缺陷, 电流互感器头部组件包扎工艺不过关, 存在损伤现象, 长期运行导致绝缘击穿引起故障, 造成电流互感器故障事件的发生, 影响 SF6 电流互感器的性能和可靠性。

另外, B 相电流互感器内部电容均压屏和镀锡铜带之间呈现紧压问题, 在这些环境下, 电流互感器和电容屏形成绝缘, 并且内部的绝缘铝环仅是接触状态, 并没压实, 导致无效压实问题的发生, 这些无效压实问题很容易演变为接触不良问题, 最终影响到 SF6 电流互感器的正常运行^[2]。在电流互感器运行过程中, 极易受到电波冲击的影响, 造成内部电位分析出现异

常,导致放电不稳定现象发生,使得SF6电流互感器内部出现问题。

3 500kV SF6 电流互感器故障处理方式

为解决上述SF6电流互感器出现的问题,需要制定行之有效的策略,并有效应用这些方案,降低故障发生的概率,维护电网系统的正常运行。在实际工作中,为降低SF6电流互感器的故障风险,应结合设备的实际状况,准确记录电流互感器的测距数据和录波信息,可以提供故障分析和排查的重要参考依据,并结合现场实际环境,对可能导致电流互感器故障的因素进行分析。还需定期对电流互感器进行巡视、检测和维护工作,发现潜在问题和异常情况,采用红外热像仪、超声波检测等技术手段进行检测,及时发现并处理隐患,并严格按照厂家和行业规范的要求,对电流互感器进行定期维护和保养,例如清洗绝缘子、紧固连接、检查仪表指示等操作。与此同时,可以结合录波显示屏对录波波形进行分析。对录波数据进行记录和分析,识别故障电流的特征和变化趋势,确定是否存在异常情况和故障点,对于出现故障的电流,设置自动化处理和报警装置,当装置分析到录波波形出现较大异常变化时,自动触发相应的处理措施并发出报警信号,保障线路的稳定运行^[3]。同时,工作人员还需对关键的故障电流数据进行记录和归档,为以后的分析和对比提供依据,帮助发现潜在的故障和异常变化。

在对SF6电流互感器的维护、例试和检修的过程中,需要保证运维人员和检修人员的人身安全。运维人员和检修人员在开展各自工作之前,使用合适的个人防护用品、经检验合格的安全工器具,并需要做好相应的安全措施。需要对SF6电流互感器进行停电缺陷处理时,应提交检修工作计划,调度人员根据电网运行情况进行运行方式安排,确定检修计划时间。运维人员停电后,要保证电流互感器作业现场的安全措施正确完善,检修人员方能进入现场工作。检修人员根据缺陷情况和故障现象进行处理,设备缺陷处理完成后,需要对电流互感器二次接线检查、绝缘检测试验,记录各项参数,数据正常,确定合格后,才能进行送电运行。

4 500kV SF6 电流互感器故障解决与预防措施

4.1 防止电流互感器二次短路的发生

二次短路的发生会直接影响到SF6电流互感器在实际使用时的设备性能,可以采用合理的电气保护系

统设计,例如保护装置、调整系统参数、电器网络规划等手段,控制电流的大小和持续时间,减少二次短路对电流互感器的冲击作用。同时,在选购SF6电流互感器时,尽量选择具有足够的强度和耐受能力的产品,使得SF6电流互感器可以承受二次短路带来的压力和瞬态电压,减少电流互感器暴露在高瞬态电压和电流的风险。

另外,运检人员需要定期检查SF6电流互感器的状态和性能,排查电流互感器二次回路的运行状态,识别潜在的故障和损坏,及时采取检修和更换策略,保障SF6电流互感器连接线的良好工作状态。可以定期检查SF6电流互感器的外观、接线、绝缘状况等,保证电流互感器良好外观,发现较明显的损坏或破损要及时处理,定期通过绝缘电阻测试、局部放电测试、介电强度测试等方式评估电流互感器性能和评估其是否可以正常工作。

此外,运检人员需要对检测的信息和结果做出记录,建立维护文档,制定维护计划,包括定期检查和维护的时间、频率,避免潜在故障的发生,使SF6电流互感器可以长期稳定运行。

4.2 将SF6 电流互感器作为试验项目

由于SF6电流互感器并没有在预试规程中设定实际使用时的整体效果以及使用项目,为了能够在早期及时发现SF6电流互感器存在的故障,可以考虑将SF6电流互感器定义为试验项目,这样可以更加有效、科学地发现SF6电流互感器内部存在的故障,降低其在使用时故障发生的概率。在进行试验操作时,仅使用传统的绝缘电阻介损和电容量进行测试工作,难以满足SF6电流互感器在实际使用时的整体效果,为此电网系统可以将定期开展红外测温操作进行SF6电流互感器作为试验内容,使得试验项目更加具有科学性、有效性和针对性^[4]。

此外,在进行试验时,可以开展AIS局部测试操作,在设备使用过程中、设备更换之前和之后以及不同温度下,对设备自身的绝缘性进行检测工作,以便提高设备在实际使用时的使用寿命和效果。电网系统可以采用介电强度测试、绝缘电阻测量等方式,定期对AIS设备的绝缘状况进行检测和评估。并且在安装新设备之前和更换设备之后进行终端测试,采用对绝缘电阻、局部放电和电气耐久性的检测等操作,验证设备的绝缘性能是否满足设计要求。

另外,为了提高SF6电流互感器的寿命,还需要

对其进行温度试验,通过模拟不同环境下的温度变化,评估设备的绝缘材料和结构对温度变化的适应性,保证 SF6 电流互感器在复杂环境下能够可靠稳定地工作。

4.3 要求设备厂家强化产品质量

对设备厂家的同一批次的 SF6 电流互感器进行巡视检查,包括产品的外形、产品异常的声音、电流互感器的绝缘材料、磁芯材料等关键材料的状况检查以及质量检测,并考虑引进自动化设备和智能化技术,采用人工智能和数字化技术进行巡检和管理工作,对设备进行周期性跟踪监测,从根本上提高设备的整体质量,确保电力系统的正常运行。

此外,还应该要求厂家提高产品制作流程的工艺改进工作,完善电流互感器的设计和规划工作,选择合适的绝缘材料、导线材料和磁芯材料等,采用先进的绝缘材料、高效的线圈绕制技术和先进的 SF6 气体充填和处理技术,保证 SF6 气体电流互感器的质量和性能,维护电流互感器的稳定性。在完成 SF6 电流互感器的制作工序后,厂家需要对电流互感器进行质量检查,可考虑引入先进的检测设备和方法,例如在线检测和自动化检验技术等,检查其外观、尺寸以及绝缘性能是否达标,完成验收工作,并保证对出厂的 SF6 电流互感器进行相应的标识和记录,保证产品交付的可追踪性。

厂家在完成 SF6 电流互感器的检查工作后,需要针对产品自身出现的问题,组织专题讨论会,邀请技术人员和相关专家,对常见问题进行深入讨论,对现有工艺进行评估和分析,找出存在的瓶颈和问题,共同研究解决方案,发现共性问题提出切实可行的解决策略。基于讨论结果,厂家需制定改进策略,变更产品材料、改进产品设计、优化生产工艺、提升质量控制等^[5]。

4.4 检查不同批次的电流互感器

不同批次的 SF6 电流互感器在实际设计中的设计参数很难保持一致,最终会对电流互感器的工作效果产生影响,可以尽量选择同一厂家、同一型号、同一批次的 SF6 电流互感器,保证设计参数的一致性,减少由于设备差异引起的潜在问题,提供一致的工作性能。在做好验收工作时,需要对所选设备的型号、原件和软件版本进行横向比较,了解设备之间的差异,及时发现和解决问题,维护产品的一致性原则,在进行设备验收工作时,根据厂家提供的相关参数进行验

收试验,使设备在实际使用过程中发挥有效作用,满足实际使用需求。另外,还需要进行纵向比较,将不同批次的 SF6 电流互感器的试验结果进行比较,发现参数差异性和性能差异,及时采取相应措施进行调整和改进。

建设单位也需要进一步强化竣工验收管理工作,对 SF6 电流互感器的各个组件的检查和验收工作,制定明确的验收流程,做好所有组件的验收工作,按照专业要求进行每一个工作流程的运行,减少质量问题发生的频率。并对同一批次的 SF6 电流互感器的各个组件的质量进行详细的检查和验收,降低潜在故障和损失的风险。

同时,建设单位需要和厂家建立良好的合作关系,严格遵守供应链管理措施,使得所有的 SF6 电流互感器具有可追溯性,保障 SF6 电流互感器的质量,提高电流互感器的品控和最终表现成果,杜绝相关的低质量产品进入电网系统。

5 结语

电力系统的正常运行直接影响着我国经济和人民的整体生活水平,需要我们高度重视电网系统的安全运行。电流互感器的质量和运行状态直接关系到电网系统的安全运行,厂家的制作工艺和制造水平的好坏直接影响到 SF6 电流互感器的质量,设计厂家需要完善制作流程以保障电流互感器的质量,电网系统也需要对电流互感器进行试验工作,确保进入电网系统中的设备的质量和安全性,杜绝问题设备进入电网系统,保障电网设备的安全运行。

参考文献:

- [1] 郑晓琼,严太山,熊泽群,等.一起 500kV 电流互感器故障原因诊断分析[J].农村电气化,2021(06):28-30.
- [2] 苏方伟,孙国强,李星旺,等.两起 500kV SF6 绝缘电流互感器故障分析及处理[J].河南电力,2022(S1):120-123.
- [3] 毕长生,刘利斌,李双胜,等.电流互感器故障分析及诊断[J].电力安全技术,2021,23(10):26-27.
- [4] 郑晓琼,严太山,熊泽群,等.一起 500 kV 电流互感器故障原因诊断分析[J].农村电气化,2021(06):28-30.
- [5] 李佳琪,咸日常,张宁,等.一起电流互感器绝缘故障引发停电事故的分析与处理[J].变压器,2022,59(02):51-55.