

隔离开关局部发热的原因及处理方法

姜明圻, 姜春雷

(国网吉林供电公司, 吉林省 吉林市 132002)

摘 要 隔离开关是电网系统中使用最广泛的设备之一, 其运行稳定性和使用寿命直接影响电网的稳定运行。隔离开关局部发热是电气系统中常见的问题之一, 由多种原因引起, 如接触不良、过载运行、环境因素等。隔离开关发热会对其性能和寿命产生不良影响, 甚至可能引发故障, 影响电力系统的安全稳定运行。本文指出及时发现并处理隔离开关发热问题至关重要, 可通过红外测温等技术手段对隔离开关进行监测, 采取相应的维护和检修措施, 如清洁接触面、紧固连接螺栓、触指弹簧更换、调整负荷等, 以确保隔离开关的正常运行。

关键词 隔离开关; 局部发热; 接触电阻

中图分类号: TM56

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.01.015

0 引言

随着时代快速发展, 人民生活水平逐步提高, 整个社会对于电力系统的稳定性及需求量越来越高。但现阶段存在服役时间较久的变电站, 其中设备均出现不同程度的老化, 在变电站的日常维护及巡视中出现最多的问题便是隔离开关局部发热。隔离开关作为电力系统中重要组成部分起到传输电力、在检修过程中形成明显断开点、改变电网运行方式等作用。在受到多年的大电流、大负荷以及氧化、生锈等影响下, 隔离开关的动、静触头接触面处极易出现局部发热现象。此类发热问题需要对其设备立即进行停电检修处理, 否则会引发一系列安全问题, 对社会和人民造成经济损失。但停电会影响人们的用电需求, 造成一定的经济损失, 所以针对此类问题应采取一定的预防手段, 本文将通过发热原因对预防措施开展针对性研究。

1 隔离开关局部发热问题发现及设备情况

2024 年, 在吉林省的某一地区, 有一座 220 kV 变电站。这里的运维人员在进行日常巡视工作时, 需要对站内的设备展开红外测温检测。在检测过程中, 他们发现 GW5-40 型隔离开关出现了异常情况。其中, A 相的温度达到了 43 °C, 此时对应的电流为 475 A; B 相温度是 47 °C, 电流为 482 A; 而 C 相温度高达 155 °C, 电流为 765 A。当时这条线路的负荷处于较大的状态, 如果直接停电处理, 会对供电产生较大影响, 所以不能立刻停电。于是, 运维人员暂时采取了对发热点进行测温跟踪记录的措施。他们详细地记录每次测量的温度数据, 同时积极与设备厂家取得联系, 将红外测温照片发送给厂家, 以便共同确认故障产生的原因。

设备厂家在收到信息和照片后, 给出了初步的处理建议。厂家表示, 可以先对发热相的刀闸进行轻微的调整, 然后持续观察温度是否会下降。如果经过调整后温度依然没有降低, 那么厂家会发送备件, 等到可以停电的时候进行更换处理, 从而彻底解决隔离开关发热的问题。

2 现场处理情况

当厂家提供的配件顺利到货后, 检修人员迅速行动, 立即对出现问题的该条线路展开停电检修作业。在正式检修之前, 检修人员通过全面细致的检查以及回路电阻测试获取了关键数据。数据分析结果显示, C 相隔离开关的烧损程度在三相中最为严重。基于此情况, 检修人员随即对 C 相的动、静触头进行拆解操作。拆解完成后, 可以清晰地看到在动触头触指部位存在明显的异常现象, 有因温度过高而导致的发黑痕迹, 并且伴有轻微放电后金属融化滴落的迹象。这种情况表明 C 相动、静触头已经受到严重损坏, 已无法保证正常的运行功能, 因此决定对 C 相动、静触头进行整体更换。在整个检修过程中, 检修人员还注意到 A、B 两相的触头、触指出现了氧化发乌的现象。这种氧化现象会对触头的导电性能产生负面影响, 同时, 经过检测发现这两相的回路电阻数值也超出了规定的标准范围。这一系列问题表明 A、B 两相存在潜在的故障风险, 可能会对设备的稳定运行造成威胁。于是, 检修人员决定对 A、B 两相进行解体处理。在对 A、B 两相进行拆解之后, 检修人员使用细砂纸轻轻打磨动、静触头的氧化层, 以此来去除氧化物质, 恢复触头的良好导电性能。同时, 更换动触头的不锈钢销, 以确保动触

头连接的稳固性。此外, 仔细检查弹簧是否能够正常工作, 因为弹簧的性能对于触头之间的接触压力有着关键作用。在完成上述处理后, 对处理过的触头涂抹导电膏, 这有助于降低触头间的接触电阻, 提高导电效率^[1], 并且对相关部件进行加油润滑, 确保设备在运行过程中各个部件之间的摩擦处于合理范围。最后, 进行整体的安装调试, 以保障 A、B 两相在后续运行中能够正常工作。

3 隔离开关局部发热的原因分析及处理

经过对发热设备的拆解及其分析, 隔离开关局部发热的原因有以下几点。

3.1 接触不良

造成接触不良的首要原因是导电部分氧化^[2]。GW 型刀闸多在户外运行, 受地域环境影响, 水分、酸、盐等造成的电化学腐蚀会使导体接触部位产生氧化物。如钨在电弧作用下生成的 WO_3 氧化物呈浅黄绿色粉末状, 易清除; 银钨或银钼在电弧下生成钨酸盐或钼酸盐。在有机蒸汽环境中, 金属表面的粉状有机聚合物经摩擦形成高分子有机膜。金属氧化物是半导体, 其电阻率远高于导体, 且因形成时间和厚度不同, 会降低表面光滑度、减少有效触点、改变动静触头配合状况。

接触部位氧化物通常采用清洁打磨处理。铜导电部位镀银层磨损大时需重新镀银, 若接触部位氧化物凹凸不平且无法处理, 要调整导电铜杆接触位置, 刀闸软连接铜铝对接部位需镀锡。经理论推导和对 GW 型刀闸发热问题分析可知, 影响刀闸发热的主要因素与接触部位的接触压力密切相关, 接触压力是保证有效导电触点和降低接触电阻的有效手段。

设备运行时主要用红外测温检测^[3], 停电检修时主要观察接触部位光洁度、氧化情况, 并通过四点测量法测直流电阻。直流电阻测量是检修项目之一, 但对于 GW 型刀闸, 其接触部位不易测量, 直流电阻法不能有效发现动静触头配合程度、夹紧力变化情况, 也无法直观体现刀头接触面积, 虽能得到接触电阻大小, 但难以分清接触电阻偏大的原因。

此外, 频繁的停电电操作也容易造成氧化层的加厚及积碳的产生, 由于拉合隔离开关时不可避免地会出现拉弧、电晕等现象烧伤金属形成碳质, 加速了隔离开关出现局部发热现象的产生。

其次, 接触不良是由于触头夹紧力不足^[4]。当隔离开关长期处于合闸状态时对触指弹簧的质量有极高的要求, 如服役年限较长的设备弹簧质量较差发生老化、松动、金属疲劳, 触指和触头之间压力就会变小,

接触面产生间隙导致发生间隙放电, 放电同时还会使金属融化向下滴落, 进一步导致接触电阻升高, 造成发热等后果。夹紧力不足同样会导致接触不良, 其主要原因表现为隔离开关分合闸不到位, 具体原因为隔离开关传动部位发生虚位, 传动齿轮脱齿, 控制回路元器件、继电器故障。以上问题发生后会导致机构传动所需力矩变大, 原电机输出力矩不足, 电机回路切断过早所导致的分合闸不到位, 进而直接影响动静触头接触压力不足。接触压力的降低会造成接触电阻成指数级的增加, 导致刀头接触部位的发热。在通常面对分合不到位的情况需要通过实际判断来调整机构整体与动静触头之间的配合, 使动静触头接触部分压力满足运行要求。但由于设备通常带点, 进行夹紧力相关测试涉及较多停电设备且为高处作业, 难度较大; 同时夹紧力测试设备目前并未在检修班组内普及, 通常只在设备制造出厂试验时进行内部测量, 确保设备的夹紧力满足出厂要求。

3.2 过载运行

当隔离开关长时间处于满负荷运行时, 会导致电流过大造成温升, 电流过载意味着通过隔离开关的电流超过了它的额定电流。根据焦耳定律 ($Q=I^2 RT$), 热量 Q 与电流 I 的平方成正比^[5]。所以过载情况下, 电流增大, 产生的热量会大幅增加。隔离开关的接触部分通常是发热的关键部位。在过载运行时, 由于接触电阻的存在, 过大的电流会使接触点的功率损耗 ($P=I^2 R$, R 为接触电阻) 加剧。接触电阻产生的热量会使接触部位温度急剧上升。持续的局部发热会使隔离开关的金属部件产生热膨胀。例如, 连接部位可能会因为热膨胀而导致接触压力发生变化, 使接触电阻进一步增大。这就形成了一个恶性循环, 发热导致接触变差, 接触变差又加剧发热, 从而使局部温度不断升高。而且, 局部过热还会加速隔离开关绝缘材料的老化。绝缘材料在高温下, 其物理和化学性能会逐渐劣化, 绝缘性能下降。严重情况下可能会导致绝缘击穿, 进而引发电力系统故障。当线路出现短路故障时, 瞬间产生的大电流会使隔离开关触头严重发热, 根据不同短路情况发热相数需要具体测量, 但温度会急剧升高且超过所规定的温度上限。

3.3 隔离开关操作不到位

当隔离开关服役年限较长或地处风化锈蚀等情况较为严重的环境中, 隔离开关的转动轴承部分会发生轻微锈蚀或存在油污异物使隔离开关合闸不到位, 静触头与动触头之间存在间隙, 从而发生放电导致发热。

针对此类情况需要检修人员对隔离开关进行拆解,对轴承、连杆等部位可采用 wd-40 除锈剂进行喷涂,对锈蚀严重部位则可以采用砂纸进行轻微打磨。在组装隔离开关时需注意调整圆轴导电杆的插入深度,当出现触指与触头接触面积不够时,可通过调节螺栓固定位置调节圆轴导电杆的深处长度,从而达到触指触头的严密接触。操作隔离开关时分、合闸速度对其性能也是有较大的影响,当隔离开关配合手动操作机构分、合闸时,触头、触指的速度不够会导致拉弧时间变长或者电弧重燃,产生金属灼烧现象。分、合闸速度过快则会在操作过程中产生较大的振动及冲击力,加快触头、触指的磨损,导致螺栓发生松动降低使用寿命。对于电动操作机构可以手动调节分、合闸时间,避免发生此类现象。

4 隔离开关局部发热防控措施

4.1 发现问题及处理步骤

在实际处理隔离开关局部发热问题过程中,需要第一时间通过红外测温仪对发热点进行准确定位,同时记录发热温度随时间的变化、线路负荷及电流数值,对产生发热的原因进行科学的判断。隔离开关发热问题处理上主要采用解体检查的方式,在拆解前检查发热部位外观有无明显变化,触指触头接触面积及插入深度是否满足要求。拆解后测量回路电阻,检查各个部位是否有松动、氧化物覆盖较厚、是否有烧伤痕迹等问题,并根据相关规范与施工工艺标准进行维修或更换,同时再次测量回路电阻数值来判断是否符合规定要求,从而恢复设备运行状态。

隔离开关的防控措施要从日常维护、运行检测、技术培训三个方面进行科学防控,制定完善的日常维护计划,定期对隔离开关进行维护保养。维护内容包括清洁设备表面的灰尘和污垢,检查触头的压力是否符合要求,如有必要可进行调整。同时,对设备的传动结构进行润滑,确保操作灵活可靠。定期检查隔离开关的绝缘性能,如发现绝缘老化、破损等问题,应及时进行处理或更换,确保设备的绝缘性能良好,防止发生漏电和短路等故障。

建立健全的设备运行监测制度,定期进行红外测温、电流监测等检测工作。通过对设备运行数据的分析,及时发现潜在的发热问题。例如,如果发现某一部位的温度持续升高或者电流异常波动,应立即进行检查和处理。

4.2 刀闸检修运维检测的改进建议

现有的夹紧力测试工具是弹簧压力计,体积大,

不过测量精度较高,用于刀头夹紧力测量较合适。但弹簧难以做成可调节的,检测工装尺寸固定,且传感器用模数转换、外设独立电源,在 10 m 高检修平台操作难、不便携带和外接电源。

本文建议改进传感器工装设计。随着半导体和芯片技术发展,压力传感器体积小、集成度高,能将压力转电信号,处理显示,有高灵敏度、精度和响应速度。用它改进工装,可集成多种功能、按需设计尺寸,方便携带,提升检测效率。

接触面积大小既能体现有效触点数量,也能验证导体接触压力。正常时刀头触指为平面,静触头导电铜杆是圆柱体,受加工精度影响,在刀头夹紧力下,接触部位并非只是线接触,而是形成较小接触面,理想中圆弧中心压力最大、边缘压力降低。但因工艺和安装变化,实际情况与理想有别,比如铜杆光滑度低、镀银层不均、铝圈安装不对称、导电臂有角度偏差,会导致接触不良,检测有效接触面积有着重要的作用。

5 结束语

隔离开关是电力系统中的重要设备之一,其正常运行对于整个电力系统的安全稳定至关重要。当隔离开关局部发热时,如果不及时处理,可能会导致设备故障,甚至引发停电事故。学习隔离开关局部发热处理技术,可以帮助运维人员及时发现并处理发热问题,避免故障的发生,保障电力系统的安全稳定运行。随着电力行业的不断发展,对电力设备的可靠性和安全性要求越来越高。学习隔离开关局部发热处理技术,可以使运维人员更好地适应行业发展的需求,掌握先进的技术和方法,为电力系统的智能化、高效化运行做出贡献。

参考文献:

- [1] 张斌,李健,鞠恒才,等.基于导体温升原理的隔离开关发热改善方法研究[J].黑龙江学,2024,15(04):54-57.
- [2] 龙秀权,苏剑锋,曹伟,等.敞开式隔离开关常见的缺陷分析及处理[J].中国设备工程,2024(S1):137-138.
- [3] 曾凡威,张友刚,朱信德,等.GW型隔离开关典型发热问题分析及检测方法改进[J].电力设备管理,2024(16):53-55.
- [4] 张恒,田禄,张锐.一起隔离开关发热故障诊断分析[J].电工技术,2024(16):189-192,199.
- [5] 郭跃东,石强.一起隔离开关发热的原因分析与处理[J].电世界,2022,63(06):31-32.