

500 kV 变电站隔离开关缺陷处理与日常运行维护分析

吴昕泽, 王一帆

(国网河南超高压公司, 河南 郑州 450000)

摘要 500 kV 变电站作为现代电力系统中的重要枢纽, 而隔离开关稳定运行直接关系到整个电网的安全与效率。隔离开关在长期的运行过程中, 隔离开关会出现瓷瓶断裂、触头过热、机构卡涩等故障, 不仅会影响设备正常运行, 还会给维修工作造成一定的影响。而对于 500 kV 变电站隔离开关缺陷处理的研究, 现有研究虽然对隔离开关的缺陷处理与日常运行维护有所涉及, 但多侧重于单一故障类型的分析或维护措施的讨论, 缺少系统性的整合与深入分析。因此, 本文全面探讨 500 kV 变电站隔离开关的缺陷处理与日常运行维护策略, 通过综合分析隔离开关的常见故障类型、原因及其对电网运行的影响, 提出更为全面、有效的维护措施。

关键词 500 kV 变电站; 隔离开关; 缺陷处理; 系统运行; 系统维护

中图分类号: TM56

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0109-03

500 kV 变电站是我国电力系统内核心组成部分, 在变电站运行的过程中系统可靠性、稳定性对整个电网的正常使用有直接影响。因此, 500 kV 变电站在日常运营管理的过程中需全面落实维护和管理措施, 保证隔离开关稳定运行并及时解决隔离开关缺陷问题, 对提高变电站运行效果有重要的作用。

1 500 kV 变电站隔离开关的结构与工作原理

500 kV 变电站运行中离不开隔离开关的支持, 并且结构设计精巧、工作原理复杂, 各项功能达到使用需求。

隔离开关中主要组成部分为底座、导电部分、绝缘子、传动机构和操作机构, 各部分功能符合要求才能确保隔离开关的功能实现。底座是支撑整个隔离开关的基础, 也是确保系统稳定运行的关键。导电部分选择优质的导电材料, 确保在电流传输时达到稳定、高效、安全的要求。绝缘子使用绝缘性能高、强度高的材料制作形成, 隔离带电部分和外部环境, 避免投入使用的阶段出现电气事故。隔离开关运行的过程中利用折叠运动和夹紧运动的方式实现整个变电站系统的有电和无电分离, 在某个电路被隔离时操作机构利用传动装置驱动导电部分折叠或者夹紧加减。折叠的状态下导电部分存在隔离间隙, 电流无法通过隔离开关达到隔离电路的效果。夹紧状态下导电部分紧密配合, 电流传输顺畅也能保证整个隔离开关能够正常运行^[1]。

2 500 kV 变电站隔离开关的常见缺陷及原因分析

2.1 机械卡涩

第一, 摩擦磨损。因为隔离开关操作时动作比较频繁, 容易导致内部轴承、销轴等摩擦出现磨损加剧、损坏等情况。

第二, 环境因素影响。500 kV 变电站隔离开关往往安装在室外环境中, 长期受到风吹日晒、雨淋雪打等因素影响导致结构部件出现锈蚀、老化的问题。如果锈蚀问题无法及时解决, 动作灵活度比较差也会造成表面粗糙度过高、摩擦力增加而引发卡涩现象。

第三, 安装与维护不到位。隔离开关安装时如果位置调整精度不合格, 或者安装力矩比较大导致内部应力分布不均匀而引发卡涩现象。在隔离开关维护时没有及时将表面的污物清理干净, 也没有及时对关键部件展开润滑和保养而导致卡涩现象。

2.2 操作回路失灵

500 kV 变电站隔离开关操作回路是保证其正常运行的重要部分, 但在运行时容易出现回路失灵的现象。发生回路失灵的问题往往是多方面因素造成的, 比如在操作回路中电缆长期运行以及环境因素的影响造成绝缘层老化、绝缘电阻下降, 在 50 mΩ 以内, 没有达到正常绝缘性的要求导致信号发射受到影响, 也无法按照要求执行指令。与此同时, 继电器作为操作回路中的关键部件, 也是导致回路失灵的主要因素。由于

某个关键继电器长期存在过载运行的情况导致内部出现烧蚀现象,接触电阻增大到几百欧姆造成电流无法正常流通而影响继电器的正常动作。上述问题的出现往往造成指令发出后隔离开关无法按照要求动作,导致整个变电站系统的运行受到影响。除此之外,500 kV 变电站隔离开关运行中还会存在端子牢固性不足、外部振动影响等造成松动、接触不良等现象,信号传输时容易出现丢失、变形等问题而导致系统隔离开关出现回路失灵的现象。如果电源波动比较明显、电源容量不足,隔离开关操作时出现电压急剧下降的现象,整个控制回路无法正常运行^[2]。

2.3 隔离开关过热

第一,电气接触不良。隔离开关运行的过程中,如果因为存在烧蚀现象导致电气接触不良的现象,其接触电阻从正常的 $100\ \mu\Omega$ 上升到 $500\ \mu\Omega$ 。除此之外,运行的过程中因为触头和导体之间接触面平整度比较差,或者长期运行时存在氧化层,使得运行电阻增加导致过热的现象。第二,过载操作。500 kV 变电站隔离开关运行的过程中,由于隔离开关频繁操作,电流值超出额定参数值导致过载操作而引发故障问题。长期在操作时造成隔离开关运行温度升高,过热现象非常严重,对整个变电站系统的运行效果提升产生不利影响。

2.4 继电器损坏

500 kV 变电站运行的阶段,如果隔离开关继电器发生损坏,就会导致功能无法达到要求,甚至会阻碍变电站的正常运行。首先,线圈烧断。该问题一般都是因为继电器长期超负荷运行造成的,比如超出额定电流120%且持续时间较长出现线圈过热而引发烧断现象。其次,触点烧蚀。继电器损坏触点烧蚀的原因是多方面的,主要包括以下几点:负载电流过大,继电器在电路控制中负责承载电流,若负载电流超过其额定承载能力,长时间的大电流通过会导致触点温度升高,进而引发触点材料的熔化或烧蚀;电火花或电弧影响,在触点断开或闭合的瞬间,可能会产生电火花或电弧。如果这些电火花或电弧过大,会直接烧蚀触点表面,加速触点的磨损和损坏;触点接触不良,触点在长期使用过程中可能会因为氧化、腐蚀或表面污染等原因导致接触不良。接触不良会增加接触电阻,使得在相同电流下触点局部温度升高,进而造成烧蚀;频繁开关操作,继电器如果频繁进行开关操作,触点会反复受到电流冲击和机械磨损,这会导致触点材料的逐渐消耗和性能下降,最终引发烧蚀现象;环境因素,继电器工作环境中的温度、湿度、腐蚀性气体等也可能对触点造成不利影响。

2.5 接触器故障

隔离开关运行的阶段,接触面氧化腐蚀污染物积累的情况比较常见,导致其接触电阻增加,无法达到正常使用的要求。一旦接触电阻严重超出标准参数,就会导致相同电流通过时形成的热量较大而导致接触位置局部过热。与此同时,长期承受高负荷电流的冲击作用,尤其是系统负荷量突然增加时接触器的触头位置往往因为电流过大而出现熔焊变形的现象。熔焊后触头改变结构形状,接触面积减小,接触电阻进一步增大。除此之外,接触器运行的阶段由于机械结构长期存在磨损现象,也会导致其表面出现灰尘、油污等污染而引发动作灵活度变差,无法满足运行的需求。接触器绝缘材料长期使用中出现严重老化的问题,绝缘性能下降也会造成电流的泄漏,对整个变电站系统运行安全性产生不利影响。

3 500 kV 变电站隔离开关缺陷处理方法

3.1 机械卡涩缺陷处理

500 kV 变电站隔离开关出现机械卡涩问题时需要暂停其运行,并进行初步检查再采取合理有效的应对措施。检修人员分析接地开关是否处于完全拉开到位的情况,并对各机构运行状况展开检测。比如,接地开关没有完全拉开,一旦发现距离完全闭合还有5 mm的差距,需及时进行机械闭锁解除再尝试继续操作,保证其运行达到要求。此外,机械卡涩问题往往是因为结构自身所引发的,检修人员需及时进行维修处理,使其恢复到原有状态,进而保证功能不受影响^[3]。

3.2 操作回路失灵缺陷处理

首先,检查回路失灵的现象。500 kV 变电站隔离开关运行中,如果存在回路失灵的问题,主要是隔离开关无法合闸或者分闸,也可能在操作过程中角度过大。针对以上发生故障的现象,由维修人员对各回路运行状况展开检查,包含控制回路和电动机回路。控制回路是控制刀闸分合的重要部分,而电动机回路主要作用是驱动刀闸的动作。对上述回路进行检查,主要从接线继电器、接触器等部件展开检查,维修人员确定故障点位再采取合理的故障处理措施。确定故障点位置后维修人员结合现场情况采取维修措施,比如由于继电器结构损坏引发的回路失灵需进行继电器的更换。故障元件更换完成后维修人员根据运行的需求对运行条件进行调整,使其运行功能性符合要求,防止后续投入使用过程再次发生故障问题。

3.3 隔离开关过热缺陷处理

500 kV 变电站隔离开关角度的调整能够保证其运行功能性符合要求,达到安全、稳定运行的要求。角

度调整的过程中由技术人员按照规范要求操作,使得隔离开关开合角度完全符合设计标准,各项功能不受影响。从实际调整状况分析,隔离开关在合闸操作时导电杆的角度应和主回路轴线重合或者偏离一定的角度,比如 5° ,从而使得电流能够顺畅通过,隔离开关运行不受影响。分闸操作时导电杆应完全开启,其开启角度在 90° 以上,可形成比较明显的隔离断口,进而确保检修人员的安全性,也能保证隔离开关的运行效果不受影响。

隔离开关过热缺陷处理时按照如下步骤进行:首先,由维修人员操控红外测温仪对隔离开关的运行温度进行测量,确定过热发生的具体位置。如果经过检测发现某个位置出现温度超标,比如 100°C 以上,表明该位置出现过热故障。对过热位置的接触电阻进行检测,通常小于某一设定值,比如 $100\ \mu\Omega$,则确定为该位置存在故障问题。对于接触位置电阻明显增大的情况,将会造成严重过热问题。由维修人员清理接触触头表面的污物,使用清洁剂或者酒精擦拭光亮即可。其次,接触表面涂抹一定量的导电膏,使其导电性合格,防止运行时出现氧化而引发的故障问题。除此之外,对接触点位进行检查使其平整度合格,若平整度不达标,要及时进行表面的打磨处理。而针对过热发生概率较高的位置,比如触头、导电杆等需及时采取有效的调整措施并进行结构部件的更换,使其运行功能性不受影响^[4]。

3.4 继电器损坏缺陷处理

在维修开始前必须确保隔离开关处于完全断电状态,以保证工作安全。同时,根据继电器的型号和规格,使用适当的工具拆卸继电器。在拆卸过程中要仔细观察并识别损坏的部件,例如,如果电磁线圈出现老化或烧坏的现象,应当选择与原线圈规格相匹配的替换件。这通常涉及额定电压、额定电流等关键参数,如选择额定电压为 $550\ \text{kV}$ 、额定电流为适当数值的新线圈。对于触点部分,如果发现触点存在焊接或接触不良的问题,应更换新的触点。新触点应具有优良的导电性和耐磨性,以确保继电器能够正常工作。在更换过程中,应记录更换的触点型号、规格和数量,以便后续跟踪和管理。

3.5 接触器故障缺陷处理

$500\ \text{kV}$ 变电站中,隔离开关接触器的稳定运行对于整个电力系统的安全至关重要。当隔离开关接触器出现故障时,必须迅速而准确地进行维修,以确保电网的连续供电和稳定运行^[5]。 $500\ \text{kV}$ 变电站隔离开关接触故障维修时,首先分析故障发生的具体表现,比如接触器运行时间比较长,因为操作不当或者运行环

境干扰影响导致表面出现磨损、氧化等现象而使接触电阻升高,出现过热或者损坏的现象。根据以往检查经验,接触电阻增加到额定参数 1.5 倍以上时即可判定接触器存在故障。对于上述故障问题选择如下处理措施:首先,将隔离开关切断电源,保证维修后不会发生电击事故,然后将接触器表面彻底清理干净,将表面的氧化物污垢清理掉,达到光洁度的要求。其次,对接触器的动静触头展开检查,保证其接触达到紧密、均匀性的要求。如果经过检查发现触头位置磨损较为严重,需及时进行触头元件的更换。

4 $500\ \text{kV}$ 变电站隔离开关日常运行维护

$500\ \text{kV}$ 变电站展开日常维护检查非常关键,落实维护工作并对其运行状况展开检测,测量各项参数,使其运行效果不受影响。为使得隔离开关运行达到功能性要求,可靠性、稳定性符合设计标准,需定期展开检查。首先,检查隔离开关机械部分,比如传动机构、操作机构等,使其运行达到灵活性的标准,避免出现卡滞的问题。其次,检查电气连接部分,比如接触器接触状态、紧固件紧固状态等,使得电气连接部件运行良好,避免运行过程中出现过热现象。最后,检查隔离开关的绝缘系统功能。绝缘功能是保证隔离开关运行的重要举措,必须保证在高电压条件下均匀性能达到要求。上述检查过程中,由技术人员检测各项数据信息,形成完善检测记录并且落实到日常运行维护工作中,消除各类开关存在的潜在故障,保证运行功能不受影响。

5 结束语

$500\ \text{kV}$ 变电站隔离开关作为重要结构部件,隔离开关运行的过程中容易出现故障问题,对整个系统运行效果产生不利影响。因此,针对 $500\ \text{kV}$ 变电站隔离开关的缺陷问题,需采取合理处理措施并落实日常运行维护工作,使其功能性达到要求,满足电网运行的可靠性、稳定性标准。

参考文献:

- [1] 刘现义,孙圣凯,郑增辉.变电站隔离开关运维关键技术[J].光源与照明,2021(02):141-142.
- [2] 王栋,邱志斌,魏巍,等.220 kV 某变电站 GIS 单相接地故障分析及处理措施[J].高压电器,2020,56(11):259-265,274.
- [3] 于成.变电站隔离开关电动操作失灵的处理[J].大众用电,2020,35(07):38-39.
- [4] 王悦,王英军,陈浩,等.变电站隔离开关铜铝过渡线夹断裂失效分析[J].内蒙古电力技术,2018,36(05):94-97.
- [5] 梁宇君.变电站改扩建工程中电气闭锁缺陷分析及优化[J].中外企业家,2019(22):139-141.