

10kV高压开关柜故障原因及处理措施

朱宝旗

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750400

摘要：本文深入探讨了10kV高压开关柜在电力系统中的常见故障类型、原因分析及处理措施。通过分析绝缘故障、操作机构故障、保护元器件选用不当、机械故障及环境因素等导致的故障，提出了包括定期检修、改善运行环境、加强操作培训、优化设计以及智能监测与诊断在内的多项处理措施。旨在提高10kV高压开关柜的可靠性和稳定性，保障电力系统的安全运行。

关键词：10kV高压开关柜；故障原因；处理措施；智能监测

引言：在电力系统中，10kV高压开关柜作为重要的配电和控制设备，承担着接受、分配电能，并对电路进行控制、保护和监测的重要任务。其稳定性和可靠性直接关系到电力系统的整体运行效率和安全性。然而在实际运行过程中，10kV高压开关柜常因各种原因发生故障，影响电力系统的正常运行。因此深入研究其故障原因及处理措施具有重要意义。

1 10kV 高压开关柜在电力系统中的重要性

1.1 节约能源，提升效率

10kV高压开关柜在电力系统中有效节约了运输能源。作为电力传输网络中的关键节点，它能够将发电厂产生的高压电能高效地输送到各个变电站和终端用户。通过其精准的连接、闭合与断开功能，实现了电能在不同电压等级间的灵活转换与传输，减少了因电压不匹配而造成的能量损耗。此外，10kV高压开关柜还能根据实际需求，对电力输送状态进行智能调节，确保电能以最经济的方式送达目的地，从而提高了能源利用效率，为社会的可持续发展贡献了一份力量。

1.2 控制与管理，维护系统平衡

10kV高压开关柜在电力系统中的控制与管理功能同样至关重要。它不仅是电力传输的通道，更是系统调控的“大脑”^[1]。通过精确控制目标线路的状态，10kV高压开关柜能够实现对电力网络的灵活调度与优化配置。在电网负载发生变化时，它能够迅速响应，通过调整电力分配策略，保持系统负载的平衡，避免出现过载或欠载现象。这种智能化的控制与管理能力，不仅提高了电网的稳定性和可靠性，还为用户提供了更加稳定、优质的电力服务。同时，它还为电力系统的智能化、自动化发展奠定了坚实的基础。

1.3 安全保障，降低风险

10kV高压开关柜在电力系统中的安全保障作用不容

忽视。作为电力网络中的一道重要防线，它能够在系统故障发生时迅速隔离故障区域，防止故障扩散对整个电网造成更大的影响。当电网中的某个部分出现故障时，10kV高压开关柜能够迅速切断故障点与正常电网之间的联系，将故障限制在最小范围内。这种快速的故障隔离能力，不仅降低了故障对电网运行的影响程度，还减少了因故障停电而造成的经济损失和社会影响。此外，10kV高压开关柜还配备了完善的保护装置和监测系统，能够实时监测设备的运行状态和电网的运行情况，及时发现并处理潜在的安全隐患，为电力系统的安全运行提供了有力的保障。

2 常见故障类型

2.1 电气故障

(1) 绝缘故障：绝缘故障是10kV高压开关柜中较为常见的电气故障之一。这类故障主要由以下原因引起。第一，环境条件恶劣：如潮湿、高温、污染严重等环境条件，会加速绝缘材料的老化，降低其绝缘性能，从而引发短路或击穿事故。第二，绝缘材料老化破损：随着使用时间的增长，绝缘材料会逐渐老化、硬化、开裂，甚至脱落，导致绝缘性能下降。(2) 操作机构故障：操作机构是控制开关柜分合闸的关键部件。若操作机构出现故障，如拒分拒合线圈烧坏、传动部件卡涩等，将导致开关柜无法正常操作，影响电力系统的稳定运行。(3) 保护元器件选用不当：保护元器件如熔断器、继电器等的选用不当也是电气故障的常见原因。例如熔断器额定电流选用过小可能导致频繁熔断，影响供电可靠性；继电器整定时间不匹配则可能导致保护动作不及时或误动作。

2.2 机械故障

(1) 拒动、误动故障：这类故障通常由于操动机构及传动系统的机械故障或电气控制和辅助回路故障引起^[2]。

当操动机构卡涩、传动部件磨损或电气控制回路出现短路、断路等问题时,可能导致开关柜拒动或误动,影响电力系统的正常操作。(2) 开断与关合故障:断路器作为开关柜的核心部件,其开断与关合性能直接影响电力系统的安全运行。若断路器本体出现问题,如真空断路器漏气导致真空度下降、灭弧室烧损影响灭弧能力等,将严重影响断路器的开断与关合性能,甚至引发事故。

2.3 载流故障

隔离插头接触不良:隔离插头是连接开关柜内各部件的重要部件。若隔离插头接触不良,将导致接触电阻增大,产生局部过热现象。长时间过热可能导致触头烧融,引发短路或接地故障,对电力设备和系统安全造成损害。

2.4 外力及其他故障

(1) 异物撞击:在开关柜运行过程中,若受到外力撞击(如车辆碰撞、施工误操作等),可能导致柜体变形、部件损坏等后果,影响开关柜的正常运行。(2) 自然灾害:如雷击、洪水、地震等自然灾害也可能对开关柜造成损害。如雷击可能导致开关柜内部电气元件损坏;洪水则可能淹没开关柜导致短路事故;地震则可能导致柜体倾斜或倒塌等严重后果。(3) 小动物短路:小动物(如老鼠、鸟类等)进入开关柜内部也可能引发短路事故。它们可能啃咬电缆、触碰带电部件等导致短路故障的发生。

3 故障原因分析

3.1 环境因素

3.1.1 潮湿与污染

电力系统中,开关柜常处于复杂的环境条件下,其中潮湿和污染是两个不容忽视的因素。潮湿的空气会导致绝缘材料吸湿,降低其绝缘电阻,增加漏电和击穿的风险。并且空气中的尘埃、腐蚀性气体等污染物会附着在绝缘表面,形成导电层,进一步恶化绝缘性能。长期以往,这些环境因素将加速绝缘材料的老化,引发短路或击穿故障。

3.1.2 温度变化

温度变化对开关柜内部元器件的性能也有显著影响。极端的温度变化可能导致材料膨胀或收缩,引起接触不良、密封失效等问题。此外,高温还会加速绝缘材料的老化过程,降低其绝缘强度。因此,在设计和安装开关柜时,必须充分考虑环境温度的变化范围,并采取相应的防护措施。

3.2 设备老化

3.2.1 元器件性能下降

随着使用时间的增长,开关柜内部的元器件会逐渐老化,性能逐渐下降。如真空断路器的真空度会随着使用次数的增加而降低,导致灭弧能力减弱,容易引发开断与关合故障^[3]。此外,弹簧操动机构也会因长期受力而疲劳,出现卡涩、断裂等问题,影响开关柜的正常操作。

3.2.2 绝缘材料老化

绝缘材料的老化是另一个不可忽视的问题。长期受到电、热、机械应力的作用,绝缘材料会逐渐变硬、开裂甚至脱落,导致绝缘性能显著下降。这不仅会增加漏电和击穿的风险,还可能引发火灾等严重后果。

3.3 操作不当

3.3.1 未按操作规程操作

操作不当是引发开关柜故障的常见原因之一。一些操作人员可能由于疏忽大意或缺乏培训,未按照规定的操作规程进行操作,导致误分误合、元器件损坏等后果。例如在操作过程中未检查操作电源是否正常、未确认断路器分合位置等,都可能引发严重后果。

3.3.2 维护保养不足

除了操作不当外,维护保养不足也是导致设备老化和故障的重要原因。定期对开关柜进行清洁、检查、测试和维修是确保其正常运行的必要措施。然而在实际工作中,一些单位可能由于资金、人员等原因忽视了对开关柜的维护保养工作,导致设备性能下降、故障频发。

3.4 设计缺陷

3.4.1 爬距和空气间隙过小

设计开关柜时,若忽视绝缘距离的重要性,尤其是爬距和空气间隙的设置不足,将构成严重的安全隐患。在高压环境下,过小的爬距和空气间隙无法有效阻止电荷的积聚与放电,极易在设备正常运行或遭遇过电压时引发局部放电甚至击穿,直接损害设备绝缘层,加速老化过程,甚至引发火灾,对电网安全和人员安全构成重大威胁。

3.4.2 结构改造未加强绝缘措施

对开关柜进行结构改造或升级时,若未能同步升级绝缘防护措施,如未增设绝缘隔板、未采用更高等级的绝缘材料,将直接导致改造后的设备绝缘性能不达标。这种疏忽不仅无法提升设备性能,反而可能因绝缘薄弱点增多而加剧故障风险,使设备在复杂多变的电网环境中更易受损,影响供电稳定性和可靠性。因此,结构改造必须伴随绝缘措施的同步加强。

3.5 质量问题

电力设备、电力材料的质量不合格:电力设备、电力材料的质量直接关系到开关柜的可靠性和安全性。如

果使用的设备或材料存在质量问题（如绝缘性能不达标、机械强度不足等），将严重影响开关柜的正常运行和使用寿命。此外，一些厂家为了降低成本，可能会采用劣质材料或降低生产标准来生产开关柜，这也将给电力系统的安全运行带来隐患。

4 故障处理措施

在电力系统中，10kV高压开关柜作为关键设备，其稳定运行直接关系到整个电网的安全性和可靠性。针对前文所述的故障原因，实施一系列科学、有效的故障处理措施显得尤为重要。

4.1 定期检修与维护

（1）定期更换老化的绝缘材料：绝缘材料的老化是导致电气故障的重要原因之一。因此，必须建立定期更换绝缘材料的机制，根据设备的运行年限和工作环境，制定合理的更换周期。在更换过程中，应选用质量可靠、性能优良的新材料，确保绝缘性能达到设计要求。

（2）清除表面污渍：开关柜表面附着的尘埃、油污等污染物会严重影响其散热和绝缘性能。因此，应定期对开关柜进行清洁，使用专用的清洁剂和工具清除表面污渍，保持设备外观整洁。（3）安装防护板防止小动物进入：小动物如老鼠、鸟类等可能通过孔洞进入开关柜内部，造成短路或损坏元器件。为防止此类情况发生，应在开关柜的通风口、电缆进出口等位置安装防护板，防止小动物进入。（4）检查并更换烧坏的线圈和损坏的元器件：在检修过程中，应仔细检查开关柜内部的线圈和元器件，发现烧坏或损坏的应及时更换。同时，对于易损件和关键元器件，应建立备件库，确保在需要时能够及时更换。

4.2 改善运行环境

（1）安装空调、加热器、吸湿机等设备：为了改善开关柜的运行环境，可以在其周围安装空调、加热器、吸湿机等设备，以控制室内的温度和湿度^[4]。空调可以降低室内温度，防止设备过热；加热器可以在寒冷季节保持室内温度稳定；吸湿机则可以降低室内湿度，防止绝缘材料受潮。（2）清理污秽，防止污闪事故：污秽是导致开关柜绝缘性能下降的重要原因之一。因此，应定期对开关柜进行清理，清除附着在绝缘子、套管等部位的污秽物。同时，还可以采用防污涂料等措施，提高设备的抗污能力。

4.3 加强操作培训

（1）提高操作人员对设备操作规程的熟悉度：操作人员是设备运行的直接执行者，其操作水平直接影响设备的运行状况。因此应加强对操作人员的培训，使其熟练掌握设备操作规程和注意事项，减少误操作的发生。

（2）定期进行应急演练：应急演练是提高故障处理能力的重要手段。通过模拟实际故障情况，组织操作人员进行应急演练，可以检验其应对突发事件的能力和水平，及时发现并纠正存在的问题。

4.4 优化设计

（1）增加爬距和空气间隙：在设计开关柜时，应充分考虑绝缘距离的要求，合理增加爬距和空气间隙，以提高设备的绝缘水平。这不仅可以降低放电现象的发生概率，还可以提高设备的耐电压能力。（2）采用新型配方和工艺的绝缘件：随着科技的进步，新型绝缘材料不断涌现。这些材料具有更好的绝缘性能、更高的耐热性和更长的使用寿命。因此，在设计和制造开关柜时，应优先考虑采用这些新型绝缘件，以提高设备的可靠性和安全性。

4.5 智能监测与诊断

（1）利用传感器技术和人工智能技术：随着物联网和人工智能技术的发展，智能监测与诊断技术在电力系统中得到了广泛应用。通过在开关柜内部安装传感器，可以实时监测设备的运行状态和参数变化；利用人工智能技术对这些数据进行处理和分析，可以及时发现并诊断潜在故障，为故障处理提供有力支持。（2）在线监测与故障诊断系统：建立在线监测与故障诊断系统是实现智能监测与诊断的关键。该系统可以实现对开关柜的远程监控和实时数据分析，一旦发现异常情况立即发出警报并给出处理建议。这不仅可以提高故障处理的效率和准确性，还可以降低运维成本和提高设备利用率。

结语

通过对10kV高压开关柜常见故障类型、原因分析及处理措施的深入探讨，本文提出了多项有效的处理措施，旨在提高设备的可靠性和稳定性。未来，随着技术的不断发展，智能监测与诊断技术将在高压开关柜的维护和管理中发挥更加重要的作用。同时，我们也应持续关注设备质量和运行环境对高压开关柜稳定运行的影响，不断优化设计和维护策略，确保电力系统的安全、高效运行。

参考文献

- [1]薛文生.10kV高压开关柜无线测温技术分析[J].专用汽车,2021(11):78-80.
- [2]黄扬科.10kV高压设备短路故障分析及防范对策分析[J].现代制造技术与装备,2021,57(08):167-168.
- [3]汪晨,余嘉文,陈强.10kV开关柜局部放电检测方法研究[J].计算技术与自动化,2021,40(01):73-78.
- [4]叶承文.探索10kV中置式高压开关电气故障及对策[J].现代制造技术与装备,2020(01):149-150.