

论述10kV高压开关柜的故障及防范

高如月

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750400

摘要: 社会经济的快速发展对我国电力企业提出了更高的要求, 电力工程也朝着更理想的方向发展。10KV高压开关柜是电力工程项目开展的重要关键, 直接影响电力系统稳定性、安全性以及电力操作人员的安全。本文详细论述了10kV高压开关柜在运行中可能遇到的多种故障, 包括绝缘故障、操作机构故障、保护元器件选用不当、不按操作规程操作及环境变化引起的故障等。针对这些故障, 提出了具体的防范措施, 如加强技术管理、注重性能设计、特别关注爬电比距的处理等。通过优化设备选型、提升安装质量、加强运行维护等措施, 可显著降低10kV高压开关柜的故障率, 确保电力系统的安全稳定运行。

关键词: 10kV高压开关柜; 故障; 防范策略

引言: 10kV高压开关柜故障对整个电力系统的稳定运行带来了十分不利的影 响, 不仅在一定程度上增加了电力工程的发展成本, 影响企业正常生产运行, 而且还会对电力操作人员的安全带来威胁。为此, 文章在阐述10kV高压开关柜类型和特点的基础上, 分析影响10kV高压开关柜发生故障的因素, 并为如何防范10kV高压开关柜故障进行策略探究。

1 10kV 高压开关柜的基本概述

10kV高压开关柜作为电力系统中至关重要的配电设备, 其主要功能是接受和分配10kV的电能, 同时实现电路的通断、保护和控制。这些开关柜内部集成了断路器、隔离开关、互感器、避雷器等多种电气元件, 它们协同工作, 确保电力系统的安全、稳定和高效运行。结构上, 10kV高压开关柜通常采用金属封闭式结构, 具有良好的防护等级, 能够有效抵御外界环境的干扰和破坏。其外壳由钢板焊接而成, 内部元件则通过绝缘材料相互隔离, 以保证操作人员和设备的安全^[1]。工作原理上, 当电力系统中的电流或电压出现异常时, 10kV高压开关柜内的保护装置会迅速响应, 通过断开断路器等方式, 切断故障电路, 防止事故扩大, 保护设备和人身安全。同时, 开关柜还具备自动化控制功能, 能够实现远程操作和监控, 提高电力系统的智能化水平。

2 10kV 高压开关柜故障原因分析

2.1 绝缘性能差

绝缘性能的好坏直接关系到开关柜能否安全、可靠地运行。当绝缘材料老化、受潮、受损或存在设计缺陷时, 其绝缘强度会大幅下降, 导致对地或相间绝缘击穿, 从而引发短路故障。绝缘材料在长期使用过程中, 会受到温度、湿度、电场强度等多种因素的影响, 逐渐

发生老化, 绝缘性能逐渐降低。同时, 在安装、检修过程中, 如果操作不当, 也可能导致绝缘材料受损, 形成绝缘弱点。当绝缘性能下降到一定程度时, 如果系统中出现过电压或过电流等异常情况, 就容易导致绝缘击穿, 引发短路故障。这不仅会损坏开关柜本身, 还可能对整个电力系统造成严重影响, 甚至引发大面积停电事故。

2.2 设备质量不合格

在市场上, 由于生产厂商众多, 技术水平参差不齐, 部分厂家为了降低成本, 可能会采用劣质材料或简化生产工艺, 导致生产出的开关柜存在诸多质量问题。这些问题可能包括元器件性能不达标、结构设计不合理、制造工艺粗糙等。例如, 断路器、隔离开关等关键元器件的质量问题, 可能导致其在使用过程中无法正常工作, 出现拒动、误动等故障; 而结构设计不合理则可能导致开关柜内部空间布局混乱, 影响散热和检修效率; 制造工艺粗糙则可能使设备存在毛刺、裂纹等缺陷, 降低设备的整体强度和耐用性。另外, 设备质量不合格不仅会影响开关柜的正常运行, 还可能对电网的安全稳定构成威胁。

2.3 开关柜发热

开关柜发热是10kV高压开关柜运行中常见的故障现象, 其根本原因在于电流通过导体时产生的电阻损耗和磁滞损耗转化为热能, 导致设备温度升高^[2]。当开关柜内部温度过高时, 不仅会加速绝缘材料的老化, 降低其绝缘性能, 还可能引发设备烧毁、短路等严重故障。开关柜发热的原因多种多样, 主要包括以下几个方面: 一是导体接触不良, 如母线连接处、断路器触头等部位接触不良, 导致接触电阻增大, 产生大量热量; 二是设备过载运行, 当系统负荷超过开关柜的额定容量时, 设备

会长时间处于高负荷状态,产生大量热量;三是散热不良,如开关柜内部风道设计不合理、通风不畅或散热元件损坏等,都会影响热量的散发,导致设备温度升高。

2.4 老化因素

随着时间的推移,开关柜内部的各种元器件、绝缘材料以及机械部件都会逐渐老化。这种老化过程是一个渐进的、不可逆的物理化学变化过程,它会导致设备性能逐渐下降,直至失效。老化的具体表现多种多样,包括但不限于绝缘材料的硬化、龟裂、脱落,导体接触面的氧化、腐蚀,机械部件的磨损、变形等。这些老化现象会严重影响开关柜的电气性能、机械性能和热稳定性,增加故障发生的概率。

2.5 操作因素

不当的操作行为或疏忽可能直接引发设备故障,甚至对操作人员的安全构成威胁。(1)操作人员的专业技能和经验不足是常见的问题。若操作人员对开关柜的结构、原理、操作规程不熟悉,容易在操作过程中出现误操作,如合错开关、误分闸等,导致设备受损或停电事故。(2)违反操作规程也是引发故障的重要因素。例如,在未确认设备状态的情况下进行操作,或在操作过程中忽视安全警示,都可能导致严重后果。(3)频繁的操作或不当的维护也可能加速设备老化,增加故障风险。例如,过度频繁地分合断路器可能导致触头磨损加剧,影响设备寿命;而维护不当,如未及时清理设备内部灰尘、更换老化部件等,也可能导致设备性能下降,增加故障概率。

3 10kV 高压开关柜故障的防范策略

3.1 提升绝缘性能

绝缘性能作为10kV高压开关柜稳定运行的关键要素,其提升不仅关乎设备本身的安全,更是保障整个电力系统稳定性的重要环节。

3.1.1 材料选择与优化

首先,应选用高质量、高绝缘强度的材料作为开关柜的绝缘部件。这些材料需具备良好的耐热性、耐湿性、耐化学腐蚀性以及稳定的电气性能。例如,采用新型纳米复合绝缘材料,其不仅具有优异的绝缘性能,还能有效抵抗恶劣环境对绝缘层的侵蚀。此外,对于关键绝缘部件,如母线套管、绝缘子等,应进行严格的人厂检验和定期抽检,确保其质量符合标准。

3.1.2 设计优化

设计阶段需充分考虑绝缘性能的需求。通过优化开关柜的内部结构布局,确保各元件间有足够的绝缘距离,避免发生放电现象。同时,采用合理的电场分布设

计,减少局部电场强度过高导致的绝缘击穿风险。此外,还应考虑增加辅助绝缘措施,如设置绝缘屏障、增加绝缘层厚度等,以进一步提升绝缘性能。

3.1.3 监测与维护

建立完善的绝缘性能监测体系,定期对开关柜的绝缘性能进行检测。利用先进的检测技术和设备,如局部放电检测仪、绝缘电阻测试仪等,对绝缘层的状态进行精确评估。对于发现的绝缘缺陷或隐患,应及时采取措施进行处理,如更换老化的绝缘部件、修复受损的绝缘层等。

3.2 合理的材料选型

材料必须具备良好的电气绝缘性能,以防止在高压环境下发生击穿或漏电现象。对于绝缘材料,应优先考虑其介电常数、介质损耗角正切值等电气参数,确保在长期使用过程中仍能维持稳定的绝缘水平。同时,导体材料的选择也至关重要,需具备良好的导电性、耐腐蚀性和热稳定性,以确保电流传输的高效与安全。另外,除了电气性能外,材料的机械强度和耐久性也是不可忽视的因素。开关柜在运行过程中会承受一定的机械应力和振动,因此所选材料必须能够承受这些外部作用而不发生变形或断裂。随着环保意识的提升和可持续发展理念的普及,材料的环境适应性也成为选型时的重要考量^[3]。应选择对环境友好、无毒无害的材料,以减少对生态系统和人类健康的潜在威胁。同时,考虑到设备的长期运行成本,应优先选用易于回收、再利用或降解的材料,以实现资源的循环利用和减少废弃物产生。最后,材料的经济性和可持续性也是选型时不可忽视的方面。在保证设备性能的前提下,应尽量选择成本适中、供应稳定的材料,以降低制造成本和采购风险,关注材料的来源和供应链可持续性,支持符合环保标准和社会责任的供应商,共同推动行业的绿色发展。

3.3 环境的控制

(1)温度和湿度是影响开关柜性能的关键因素。过高的温度会加速设备老化,降低绝缘性能,甚至引发短路故障;而过高的湿度则可能导致绝缘材料受潮,降低其绝缘强度。因此,必须确保开关柜运行环境的温湿度在合理范围内。这通常通过安装温湿度传感器、空调、除湿机等设备来实现,对环境进行实时监测和调节。(2)灰尘和污物是另一个需要严格控制的环境因素。它们不仅会影响开关柜的散热效果,还可能附着在绝缘表面,形成导电通道,增加放电和短路的风险。必须采取有效的防尘和防污措施,如安装防尘罩、定期清洁设备表面等,保持开关柜的清洁和干燥。(3)电磁干扰是高

压设备运行中常见的问题。它可能来自外部电磁场,如雷电、无线电波等,也可能来自设备内部的电磁辐射。电磁干扰不仅会影响开关柜的正常工作,还可能对操作人员的健康造成危害。必须采取有效的电磁干扰防护措施,如设置屏蔽罩、接地系统等,确保开关柜在电磁兼容的环境中运行。(4)通风与散热是保障开关柜稳定运行的重要手段。通过合理的风道设计和通风设备配置,可以确保设备内部热量及时排出,避免温度过高导致的性能下降和故障发生,还需注意避免通风系统引入过多的灰尘和污物,对设备造成二次污染。

3.4 加强技术管理

在防范10kV高压开关柜故障的策略中,加强技术管理是关键一环。先是建立全面的技术管理体系,明确各级技术人员的职责与权限,确保技术决策的科学性和合理性。通过制定详细的技术标准和操作规程,为设备的选型、安装、调试、运行及维护提供明确指导。另外,注重技术人员的培训与考核,不断提升其专业技能和应对复杂问题的能力。培训内容应涵盖开关柜的最新技术动态、故障诊断与排除技巧等,确保技术人员能够迅速准确地识别并解决潜在故障。除此之外,引入先进的信息化管理系统,对开关柜的运行状态进行实时监测和数据分析,及时发现并预警潜在故障。通过数据分析,可以深入了解设备的运行规律和故障模式,为制定针对性的防范措施提供有力支持。最后,建立持续改进机制,鼓励技术创新和工艺优化。通过不断总结经验教训,优化技术管理流程和方法,提高设备的安全性和可靠性。

3.5 注重性能的设计

绝缘性能是高压设备安全运行的基础,设计时应选用高质量的绝缘材料,并合理设计绝缘结构,确保在恶劣环境下仍能保持良好的绝缘性能。再者,机械性能设计同样重要。开关柜的机械部件需承受频繁的开关操作及可能的短路冲击,因此设计时应注重机械强度的提升和结构的优化,确保机械部件的耐用性和可靠性。电气连接的设计应确保接触良好、电阻低且稳定,以减少因接触不良或电阻过大而导致的发热和故障。同时,还需考虑电气保护的设计,如过流保护、过压保护等,以提高设备的安全性和自我保护能力。最后,环境适应性设计也是性能设计中不可或缺的一部分^[4]。开关柜需适应各种复杂的环境条件,如高温、高湿、盐雾等。因此,在

设计时需充分考虑这些环境因素对设备性能的影响,并采取相应的防护措施,如加强散热、防腐处理等,以确保设备在恶劣环境下仍能稳定运行。

3.6 爬电比距的处理

爬电比距,即沿绝缘表面放电的距离与对应工作电压之比,是衡量电气设备外绝缘性能的重要指标。正确处理爬电比距,对于防止因表面放电引发的绝缘击穿故障具有重要意义。首先,需根据开关柜的运行环境、电压等级及绝缘材料特性,合理确定爬电比距的数值。一般来说,环境湿度大、污染严重或海拔较高的地区,应适当增大爬电比距,以提高设备的抗污闪能力。在设计阶段,应注重开关柜的绝缘结构设计,确保绝缘表面平整、光滑,无尖锐棱角或凹陷,以减少表面电荷积聚和放电的可能性。接下来,在开关柜的制造和安装过程中,应严格控制绝缘材料的选用和加工质量,避免使用受潮、老化或劣质的绝缘材料。同时,加强现场安装监督,确保绝缘部件的安装位置正确、固定牢靠,避免因安装不当导致的爬电比距减小。最后,定期对开关柜进行清洁和维护,保持绝缘表面的清洁和干燥,也是提高爬电比距、防止表面放电的有效措施。通过这些措施的综合运用,可以显著提升10kV高压开关柜的绝缘性能,降低因爬电引发的故障风险。

结语

总而言之,高压开关柜事故对电力系统性能的影响甚大,不仅增加了电力工程的建设成本,对操作人员的生命安全也会构成较大的威胁。必须降低10kV高压开关柜在运行过程中发生故障的机率,严格按照安全标准选购材料设备,提高工作人员的专业程度,规范安装维修程序,提高操作技能,确保高压开关柜能安全高效的运行,从而提高电力系统的效率。

参考文献

- [1]童本羽.10kV高压开关柜故障原因及预防对策[J].信息记录材料,2017,18(12):145-147.
- [2]熊辉,汪晶华.10kV高压开关柜故障分析[J].科技创新导报,2019,16(18):40-41.
- [3]马鸿生.10kV高压开关柜故障与维修[J].中国设备工程,2020(19):41-42.
- [4]王志刚.10kV高压开关柜故障原因分析及措施[J].电子世界,2019(09):204.