

变电站一次设备典型故障分析与检修对策研究

王海亮

北京唐浩电力工程技术研究有限公司 内蒙古 赤峰 024000

摘要: 变电站一次设备作为电力系统的重要组成部分,其安全稳定运行直接关系到整个电网的供电可靠性和电能质量。本文聚焦于变电站一次设备的典型故障,深入剖析故障产生的原因,并结合实际运行情况提出针对性的检修对策。通过对变压器、断路器、隔离开关等主要一次设备的故障分析,阐述了故障现象、故障机理以及可能带来的影响。同时,探讨了先进的检修技术和方法,旨在提高变电站一次设备的检修效率和质量,降低故障发生率,保障电力系统的安全稳定运行。

关键词: 变电站;一次设备;典型故障;检修对策

1 引言

随着社会经济的快速发展,电力需求持续增长,对电力系统的供电可靠性和稳定性提出了更高的要求。变电站作为电力系统中电能传输和分配的关键环节,其一次设备的运行状况直接影响着整个电网的安全。变电站一次设备主要包括变压器、断路器、隔离开关、互感器、避雷器等,这些设备在长期运行过程中,由于受到电气、热、机械等多种因素的影响,不可避免地会出现各种故障。一旦一次设备发生故障,可能会导致局部停电甚至大面积停电事故,给社会生产和人民生活带来严重影响。因此,深入研究变电站一次设备的典型故障,制定科学合理的检修对策,对于提高电力系统的运行可靠性和安全性具有重要的现实意义。

2 变电站一次设备典型故障分析

2.1 变压器故障

2.1.1 绕组故障

绕组是变压器实现电压变换的关键部件,绕组故障主要包括匝间短路、相间短路、绕组接地等。匝间短路是由于绕组绝缘损坏,导致相邻匝之间的导线直接接触,形成短路回路。这种故障会使短路匝内的电流急剧增大,产生大量的热量,使绕组温度升高,进一步损坏绝缘,甚至引发火灾。相间短路是指不同相绕组之间的绝缘损坏,导致相间直接短路,这种故障会产生巨大的短路电流,对变压器造成严重的破坏。绕组接地是指绕组与铁芯或外壳之间绝缘损坏,使绕组与地之间形成短路回路,会导致变压器中性点电压升高,威胁人身和设备安全。绕组故障的原因主要有绝缘老化、过电压冲击、机械损伤等。

2.1.2 铁芯故障

铁芯是变压器的磁路部分,铁芯故障主要包括铁芯

多点接地、铁芯过热等。铁芯多点接地是指铁芯有两个或两个以上接地点,会在铁芯中产生环流,导致铁芯局部过热,甚至烧毁铁芯。铁芯过热还会使变压器油分解,产生气体,影响变压器的正常运行。铁芯故障的原因主要有铁芯绝缘损坏、金属异物进入铁芯等。

2.1.3 绝缘故障

变压器的绝缘系统包括固体绝缘、液体绝缘和气体绝缘,绝缘故障是变压器最常见的故障之一。绝缘故障主要表现为绝缘老化、绝缘受潮、绝缘击穿等。绝缘老化是由于长期受到电场、热、机械应力等因素的作用,绝缘材料的性能逐渐下降,最终导致绝缘失效^[1]。绝缘受潮是指变压器内部进入水分,使绝缘材料的绝缘性能降低,容易引发绝缘击穿事故。绝缘击穿是指绝缘材料在强电场作用下,失去绝缘性能,形成导电通道,导致设备短路。绝缘故障的原因主要有运行环境恶劣、设备密封不良、过电压等。

2.2 断路器故障

2.2.1 机械故障

机械故障是断路器最常见的故障之一,主要包括操动机构故障、传动系统故障等。操动机构是断路器的动力来源,操动机构故障会导致断路器无法正常合闸或分闸。常见的操动机构故障有弹簧储能故障、液压机构漏油、气压机构气压不足等。传动系统是将操动机构的运动传递给断路器触头的部件,传动系统故障会导致断路器触头运动不灵活,影响断路器的分合闸速度和同期性。机械故障的原因主要有零部件磨损、松动、变形、润滑不良等。

2.2.2 电气故障

电气故障主要包括控制回路故障、辅助触点故障、绝缘故障等。控制回路故障会导致断路器无法接收到合

闸或分闸命令,影响断路器的正常操作。辅助触点故障会影响断路器的信号传输和保护动作的正确性。绝缘故障会导致断路器内部发生短路或接地故障,威胁设备和人员的安全。电气故障的原因主要有控制回路元件损坏、线路老化、绝缘受潮等。

2.3 隔离开关故障

2.3.1 触头过热

触头过热是隔离开关最常见的故障之一,主要是由于触头接触不良,导致接触电阻增大,在通过电流时产生大量的热量,使触头温度升高。触头过热会加速触头的氧化和磨损,进一步增大接触电阻,形成恶性循环,严重时会导致触头熔化,引发设备事故。触头过热的原因主要有触头表面氧化、脏污、弹簧压力不足等。

2.3.2 绝缘子破裂

绝缘子是隔离开关的重要绝缘部件,绝缘子破裂会导致隔离开关的绝缘性能下降,甚至发生接地故障。绝缘子破裂的原因主要有外力撞击、雷击、绝缘子老化等。

2.3.3 操作机构故障

操作机构故障会导致隔离开关无法正常操作,影响电力系统的运行方式调整和检修工作的进行。常见的操作机构故障有操作卡涩、连杆脱落、锁扣失灵等。操作机构故障的原因主要有零部件磨损、锈蚀、润滑不良等。

2.4 互感器故障

2.4.1 绝缘故障

绝缘故障是互感器最常见的故障之一,主要表现为绝缘受潮、绝缘老化、绝缘击穿等。绝缘受潮会使互感器的绝缘性能下降,容易引发绝缘击穿事故。绝缘老化是由于长期受到电场、热、机械应力等因素的作用,绝缘材料的性能逐渐下降,最终导致绝缘失效^[2]。绝缘击穿是指绝缘材料在强电场作用下,失去绝缘性能,形成导电通道,导致设备短路。绝缘故障的原因主要有运行环境恶劣、设备密封不良、过电压等。

2.4.2 二次回路故障

二次回路故障会影响互感器的测量和保护功能的正常发挥。常见的二次回路故障有二次回路短路、断路、接地等。二次回路短路会导致二次电流增大,烧毁二次设备。二次回路断路会导致测量和保护装置失去信号,无法正常工作。二次回路接地会导致测量误差增大,甚至引发保护误动作。二次回路故障的原因主要有二次回路元件损坏、线路老化、接触不良等。

2.5 避雷器故障

2.5.1 阀片老化

阀片是避雷器的核心部件,其作用是限制过电压的

幅值。阀片在长期运行过程中,会受到多次过电压的作用,性能逐渐下降,导致阀片老化。阀片老化会使避雷器的保护性能降低,甚至失去保护作用。

2.5.2 密封不良、受潮

密封不良会使避雷器内部进入水分,导致阀片受潮,绝缘性能下降。受潮后的避雷器在过电压作用下容易发生内部闪络,损坏避雷器。密封不良和受潮的原因主要有制造工艺缺陷、安装不当、运行环境恶劣等。

3 变电站一次设备检修对策研究

3.1 传统检修方法的局限性

传统的变电站一次设备检修方法主要包括定期检修和故障检修。定期检修是按照预先制定的检修计划,定期对设备进行检修和维护,这种检修方法虽然能够在一定程度上发现设备的潜在故障,但存在检修过度或检修不足的问题。检修过度会增加检修成本,造成设备的不必要停运;检修不足则无法及时发现设备的故障隐患,导致设备故障的发生。故障检修是在设备发生故障后进行的检修,这种检修方法具有被动性,会导致设备停运时间延长,影响电力系统的供电可靠性。

3.2 状态检修技术的应用

状态检修是一种基于设备状态监测和诊断技术的检修方式,它通过对设备的运行状态进行实时监测和分析,判断设备的健康状况,根据设备的状态合理安排检修计划和检修项目。状态检修技术具有针对性强、检修成本低、供电可靠性高等优点,是未来变电站一次设备检修的发展方向。

3.2.1 状态监测技术

状态监测技术是状态检修的基础,它通过对设备的电气参数、机械参数、温度参数等进行实时监测,获取设备的运行状态信息。常用的状态监测技术有在线监测技术、离线监测技术和带电检测技术^[3]。在线监测技术是通过安装在设备上的传感器,实时采集设备的运行参数,并将数据传输到监测中心进行分析和处理。离线监测技术是定期采集设备的运行参数,通过实验室分析设备的状态。带电检测技术是在设备不停电的情况下,对设备进行检测,获取设备的状态信息。

3.2.2 状态诊断技术

状态诊断技术是根据状态监测获取的设备运行状态信息,运用人工智能、专家系统等技术,对设备的健康状况进行评估和诊断,判断设备是否存在故障隐患以及故障的类型和严重程度。常用的状态诊断技术有神经网络诊断技术、模糊诊断技术、专家系统诊断技术等。

3.2.3 状态评估与检修决策

根据状态诊断的结果,对设备的状态进行评估,确定设备的状态等级。根据设备的状态等级,制定合理的检修计划和检修项目。对于状态良好的设备,可以适当延长检修周期;对于存在故障隐患的设备,应及时安排检修,消除故障隐患。

3.3 不同设备的检修对策

3.3.1 变压器检修对策

对于变压器的检修,应采用状态检修与定期检修相结合的方式。定期对变压器进行油样化验、绝缘电阻测试、直流电阻测试等常规试验,了解变压器的绝缘状况和电气性能。同时,安装在线监测装置,对变压器的油中气体含量、局部放电、绕组温度等参数进行实时监测,及时发现变压器的潜在故障。根据监测和试验结果,制定合理的检修计划,对变压器进行有针对性的检修和维护。对于绕组故障,可根据故障的严重程度,采用局部修理或整体更换绕组的方法;对于铁芯故障,应查找铁芯接地点,采取相应的措施消除接地故障;对于绝缘故障,应根据绝缘损坏的程度,采用绝缘处理或更换绝缘材料的方法。

3.3.2 断路器检修对策

断路器的检修应注重机械部件的检查和润滑。定期对断路器的操动机构、传动系统进行检查和润滑,更换磨损的零部件,保证断路器的机械性能良好。同时,对断路器的电气性能进行测试,如绝缘电阻测试、回路电阻测试、分合闸时间测试等,确保断路器的电气性能符合要求。采用在线监测技术,对断路器的机械特性、触头磨损情况等进行实时监测,根据监测结果合理安排检修计划。对于机械故障,应及时更换损坏的零部件,调整机械参数;对于电气故障,应查找故障原因,更换损坏的电气元件。

3.3.3 隔离开关检修对策

隔离开关的检修应重点检查触头的接触情况和绝缘子的状况。定期对触头进行清洁和打磨,调整触头的弹簧压力,保证触头接触良好。检查绝缘子是否有裂纹、破损等情况,及时更换不合格的绝缘子。对隔离开关的操作机构进行检修和维护,保证操作机构灵活可靠。采用带电检测技术,对隔离开关的触头温度、绝缘性能等进行检测,及时发现故障隐患。对于触头过热故障,应分析原因,采取相应的措施,如增大触头接触面积、更换触头等;对于绝缘子破裂故障,应及时更换绝缘子。

3.3.4 互感器检修对策

互感器的检修应定期进行绝缘电阻测试、介质损耗因数测试等试验,了解互感器的绝缘状况。对互感器的

二次回路进行检查和维护,保证二次回路的连接正确、可靠^[4]。采用在线监测技术,对互感器的绝缘性能、二次回路电流等进行实时监测,及时发现互感器的故障隐患。对于绝缘故障,应根据绝缘损坏的程度,采用绝缘处理或更换互感器的方法;对于二次回路故障,应查找故障点,排除故障。

3.3.5 避雷器检修对策

避雷器的检修应定期进行绝缘电阻测试、泄漏电流测试等试验,了解避雷器的性能状况。检查避雷器的密封情况,防止避雷器受潮。采用在线监测技术,对避雷器的泄漏电流、动作次数等参数进行实时监测,及时发现避雷器的故障隐患。对于阀片老化故障,应及时更换避雷器;对于密封不良、受潮故障,应进行干燥处理或更换密封件。

结语

变电站一次设备的典型故障分析与检修对策研究是保障电力系统安全稳定运行的重要工作。通过对变压器、断路器、隔离开关、互感器、避雷器等主要一次设备的故障分析,我们了解了这些设备常见的故障类型、故障原因以及可能带来的影响。传统的检修方法存在一定的局限性,状态检修技术作为一种先进的检修方式,具有针对性强、检修成本低、供电可靠性高等优点,应广泛应用于变电站一次设备的检修中。在实际检修工作中,应根据不同设备的特点和运行状况,采用状态监测、状态诊断和状态评估等技术,制定合理的检修计划和检修项目,及时发现和消除设备的故障隐患,提高设备的运行可靠性和使用寿命。同时,应加强对检修人员的技术培训,提高检修人员的业务水平,确保检修工作的质量和安全。通过以上措施的实施,可以有效降低变电站一次设备的故障发生率,保障电力系统的安全稳定运行,为社会经济的发展和人民生活水平的提高提供可靠的电力保障。

参考文献

- [1]彭云.变电站一次设备故障诊断与维护技术[J].工业控制计算机,2025,38(06):175-176.
- [2]华晓杰.基于AI的变电站一次设备运行故障处理技术研究[J].信息与电脑(理论版),2024,36(20):194-196.
- [3]张彩虹,任浩天.变电站一次设备带电测试故障诊断技术与实践优势分析[J].电气技术与经济,2024,(09):298-300+303.
- [4]唐民.变电站一次设备故障预测及检修研究[J].通讯世界,2024,31(04):112-114.