

# 电力系统变电运行故障排除和检修技术研究

王心瑶

内蒙古电力(集团)有限公司 包头供电公司

**【摘要】**本文深入探讨了电力系统变电运行中的故障排除与检修技术,重点分析了变电站运行设备维护的重要性及常见故障原因,包括设备老化、外部环境因素和操作失误。通过对互感设备、断路器及SF<sub>6</sub>气体泄漏等关键设备的故障诊断方法进行详细阐述,本文展示了绝缘电阻测试、热成像检测及智能监测技术在故障识别中的应用。此外,文章还系统介绍了变电设备故障排除的标准流程,包括初步检查与分析、仪器检测法等环节,并重点探讨了定期检修与预防性维护、状态检修与智能维护以及老旧设备替换等检修技术及其应用。研究表明,结合先进的监测技术与智能维护手段,不仅能够有效提升变电站的运行可靠性和维护效率,还能延长设备使用寿命,降低运维成本,为电力系统的稳定运行提供坚实保障。

**【关键词】**变电站维护;故障诊断;预防性维护;智能维护

Research on the troubleshooting and maintenance technology of power system substation operation

Wang Xinyao

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., LTD Baotou Power Supply Company

**【Abstract】**This paper deeply discusses the troubleshooting and maintenance technology in the substation operation of the power system, and focuses on the importance of the maintenance of the substation operation equipment and the common causes of failure, including equipment aging, external environmental factors and operation errors. By detail the fault diagnosis methods of mutual sensing equipment, circuit breaker and SF<sub>6</sub> gas leakage, this paper shows the application of insulation resistance test, thermal imaging detection and intelligent monitoring technology in fault identification. In addition, the paper also systematically introduces the standard process of troubleshooting substation equipment, including preliminary inspection and analysis, instrument detection method and other links, and focuses on the regular maintenance and preventive maintenance, state maintenance and intelligent maintenance, old equipment replacement and other maintenance technology and application. The research shows that the combination of advanced monitoring technology and intelligent maintenance means can not only effectively improve the operation reliability and maintenance efficiency of the substation, but also extend the service life of the equipment, reduce the operation and maintenance cost, and provide a solid guarantee for the stable operation of the power system.

**【Key words】**substation maintenance; fault diagnosis; preventive maintenance; intelligent maintenance

## 1 变电运行设备维护工作重要性

在电力系统中,变电站作为输配电网络的关键节点,其运行设备的维护工作至关重要。首先,变电设备的稳定运行直接关系到电力系统的整体可靠性和供电质量,任何设备故障都可能引发大范围停电,影响社会生产和居民生活。其次,定期的维护和检修能够有效延长设备的使用寿命,降低设备因故障引起的维修成本,提升变电站的经济效益。此外,随着电力系统向智能化、自动化方向发展,新型设备的维护要求更高,专业化的维护工作能够确保设备与系统的兼容性和高效运行。最后,良好的维护管理有助于预防潜在的安全隐患,保障操作人员的人身安全。因此,变电运行设备的维护工作不仅是保障电力系统稳定运行的基础,也是实现电力行业可持续发展的重要保障。

## 2 变电站故障常见原因分析

变电站在长期运行过程中,可能会出现各种故障,这些故障的发生不仅影响电力供应的连续性,还可能带来安全隐患。通过对变电站故障原因的系统分析,可以有效制定针对性的防范和解决措施,从而提升变电站的运行可靠性。常见的故障原因主要包括设备老化、外部环境因素和操作失误等方面。设备老化导致的性能下降是不可避免的,外部环境如极端天气和自然灾害对设备的冲击也不可忽视,而操作失误则更多源于人为因素。深入了解这些故障原因,有助于制定科学的维护策略,提升故障排除和检修的效率,确保变电站的稳定运行。

### 2.1 设备老化

设备老化是变电站故障发生的主要原因之一。随着时间的推移,变电设备在长期运行中会受到电气、机械及环境等多方面的影响,导致材料疲劳、绝缘性能下降和机械部件磨损等问题。例如,变压器的绝缘油在使用过程中会逐渐劣化,绝缘性能下降,增加了设备发生故障的风险。此外,开关设

备的机械结构在频繁操作下,容易出现接触不良或动作不灵敏的现象,影响设备的正常运行。老化设备不仅降低了变电站的运行效率,还增加了维护和更换的成本。

### 2.2 外部环境因素

外部环境因素对变电站的运行有着显著影响,尤其是在极端天气条件下,设备更容易发生故障。例如,雷击、暴雨和高温等天气会对变电设备造成直接或间接的损害。雷击可能导致电力线路和设备的瞬时高压冲击,损坏设备的绝缘系统;暴雨可能引发设备的进水,影响其正常工作;高温则可能导致设备过热,缩短其使用寿命。此外,自然灾害如地震、洪水等也会对变电站的基础设施造成严重破坏,影响设备的稳定运行。

### 2.3 操作失误

操作失误是引发变电站故障的另一重要原因。变电站操作人员在日常运行和维护过程中,若未严格按照操作规程进行操作,可能导致设备误操作或错误判断,从而引发设备故障。例如,在设备检修过程中,若未按规定断电或未正确安装防护措施,可能导致设备损坏或人员伤亡;在日常运行中,若未及时发现和处理设备异常,可能导致故障扩大。

## 3 变电运行设备的故障诊断

### 3.1 互感设备故障诊断

互感器作为变电站中关键的测量和保护设备,其故障诊断对于电力系统的监控和保护具有重要意义。互感设备主要包括电流互感器和电压互感器,其常见故障包括绕组绝缘损坏、磁芯饱和、接线端子松动等。故障诊断通常采用绝缘电阻测试、比例误差测试和相位误差测试等方法。绝缘电阻测试能够检测互感器绕组的绝缘状态,及时发现绝缘劣化或破损的问题;比例误差测试则用于评估互感器的测量准确性,确保其在电流和电压测量中的精度;相位误差测试则用于检测互感器在信号传输过程中的相位变化,防止因相位误差导致的保护动作误差。此外,现代互感器还可以通过在线监测系统,实时采集其运行数据,利用数据分析和人工智能技术,实现故障的早期预警和精准诊断,从而大幅提升互感设备的运行可靠性和维护效率。

### 3.2 断路器故障诊断

断路器是变电站中用于控制和保护电路的重要设备,其故障诊断对于电力系统的安全运行至关重要。断路器的常见故障包括机械卡滞、触点烧蚀、动作失灵和绝缘性能下降等。故障诊断方法主要包括机械性能测试、电气特性测试和热成像检测等。机械性能测试通过对断路器的开合操作进行反复测试,评估其机械部分的灵活性和可靠性;电气特性测试则通过测量断路器的闭合电阻和断开电压,判断其电气性能是否符合设计要求;热成像检测利用红外热像仪对断路器进行非接触式温度监测,识别因电流过大或接触不良导致的局部过热问题。此外,智能断路器配备的传感器和通信模块,可以实时传输断路器的运行状态数据,结合大数据分析和机器

学习算法,实现断路器故障的预测性维护,提升其运行的安全性和可靠性。

### 3.3 SF6 气体泄漏故障诊断

SF6 气体在变电站中的应用主要用于高压设备的绝缘和灭弧,其泄漏问题直接影响设备的绝缘性能和环境安全。SF6 气体泄漏的诊断方法包括气体监测、声波检测和红外成像等。气体监测通过安装 SF6 气体传感器,实时监测变电设备周围的 SF6 浓度,及时发现气体泄漏现象;声波检测利用超声波传感器捕捉因气体泄漏产生的高频声波信号,快速定位泄漏源;红外成像则通过热成像技术,识别设备表面因气体泄漏导致的温度异常变化。此外,定期的气体质量检测和密封性检查也是预防 SF6 气体泄漏的重要手段。结合现代信息技术,如物联网和大数据分析,可以实现对 SF6 气体泄漏的智能监控和精准诊断,确保变电站设备的安全运行和环境的保护。

## 4 变电设备故障排除流程

### 4.1 初步检查与分析

初步检查与分析是故障排除流程的第一步,旨在通过目视检查和基本测量,初步判断故障的性质和可能的原因。首先,技术人员需要记录故障发生的时间、现象和相关设备的运行状态,收集故障前后的数据和日志信息。其次,通过目视检查设备的外观,寻找明显的损坏迹象,如烧焦痕迹、异物入侵或部件松动等。同时,进行基本的电气参数测量,如电压、电流和绝缘电阻等,以评估设备的基本运行状态。这一阶段还需要排除外部环境因素的影响,如天气变化、外力碰撞等。通过初步分析,可以缩小故障范围,确定需要进一步检测的重点部件和具体的诊断方法,为后续的仪器检测和故障定位提供指导。

### 4.2 仪器检测法

仪器检测法是故障排除流程中的关键环节,通过使用专业的检测仪器,对设备进行深入的性能测试和故障诊断。常用的检测仪器包括示波器、万用表、红外热像仪、超声波检测仪和专用的故障诊断仪等。示波器可以用于分析电气信号的波形特性,识别电压和电流中的异常波动;万用表则用于精确测量电气参数,如电阻、电压和电流,判断设备的基本电气状态;红外热像仪能够检测设备表面的温度分布,发现因过热引起的潜在故障点;超声波检测仪则用于捕捉设备内部的高频声波信号,识别机械部分的异常运行。通过综合运用这些检测手段,可以准确定位故障点,分析故障原因,为制定维修方案提供可靠的数据支持。此外,现代智能检测仪器还具备数据记录和远程传输功能,能够实现对设备状态的实时监控和远程诊断,提升故障排除的效率和准确性。

## 5. 检修技术及其应用

变电站设备的检修技术是保障电力系统稳定运行的重

要环节。随着电力系统的不断发展和技术的进步,检修技术也在不断演变和优化。合理选择和应用检修技术,不仅能够延长设备的使用寿命,减少故障率,还能提高检修效率,降低维护成本。本文将重点探讨定期检修与预防性维护、状态检修与智能维护以及老旧设备的替换等方面的检修技术及其应用。

## 5.1 定期检修与预防性维护

### 5.1.1 检修周期的确定

检修周期的确定是定期检修与预防性维护的基础,直接影响检修效果和设备运行的可靠性。确定检修周期需要综合考虑设备的类型、运行环境、使用频率、历史故障记录以及制造商的建议等因素。一般来说,高负荷运行、高故障率或处于恶劣环境中的设备应缩短检修周期,以确保其稳定性和安全性。此外,依据设备的寿命周期理论,通过分析设备磨损和老化规律,科学制定检修计划,既能避免过度检修带来的资源浪费,又能防止因检修不及时导致的突发故障。现代变电站通常采用基于风险评估的检修周期确定方法,通过评估设备的故障风险等级,制定差异化的检修周期,优化维护资源的配置,提高维护工作的针对性和有效性。

### 5.1.2 主要检修项目与内容

定期检修的主要项目和内容涵盖了对变电站各类设备的全面检查和维护。对于互感器,主要包括绕组绝缘的检查、接线端子的紧固以及比例误差的测试;对于断路器,则需进行机械动作的灵活性测试、电气接触面的清洁和磨损情况检查,以及绝缘性能的测量。变压器的检修内容则包括油质分析、温升测试和绝缘等级的评估。此外,还需对电缆、母线、避雷器等辅助设备定期进行检修,确保其处于良好运行状态。预防性维护还包括设备的清洁、防护措施的检查 and 更新,如防尘、防潮、防雷等措施的落实。通过系统化、标准化的检修项目和内容,能够有效预防设备故障的发生,提升变电站的整体运行效率和安全性。

## 5.2 状态检修与智能维护

### 5.2.1 状态检修的优势

状态检修是一种基于设备实际运行状态的维护策略,通过实时监测和分析设备的运行参数,判断设备的健康状态,确定检修的最佳时机。相比于传统的定期检修,状态检修具有明显的优势。首先,它能够根据设备的实际需求进行维护,避免了过度检修和检修不足的情况,提高了维护资源的利用率。其次,状态检修通过早期发现设备潜在的故障,能够在问题尚未严重影响系统运行前进行处理,减少了突发故障带来的停电风险和维修成本。此外,状态检修有助于延长设备的使用寿命,通过合理的维护措施,减缓设备的老化和磨损,

提升设备的经济效益。最后,状态检修的实施依赖于先进的监测技术和数据分析手段,推动了变电站维护工作的智能化和数字化发展,提升了整体维护水平和效率。

### 5.2.2 应用智能技术

智能维护技术在变电站检修中的应用,极大地提升了故障诊断和维护效率。首先,物联网技术通过传感器和通信网络,实现对设备运行状态的实时监测,采集大量的运行数据,为故障预测和诊断提供基础。其次,人工智能和大数据分析技术能够对海量的监测数据进行深度分析,识别设备的异常模式和潜在故障,提供精准的维护建议。此外,机器学习算法能够不断优化故障预测模型,提高预测的准确性和可靠性。无人机和机器人技术的应用,使得高空和危险环境下的设备检查和维护变得更加安全和高效。虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术则为维护人员提供了直观的设备操作指导和培训平台,提升了维护人员的技能水平和工作效率。通过智能维护技术的综合应用,变电站的维护工作向着自动化、智能化方向迈进,显著提高了设备的运行可靠性和维护管理的科学性。

## 5.3 替换老旧设备

替换老旧设备不仅能够提高系统的运行效率,还能减少维护成本,降低故障风险。首先,在替换过程中,应进行全面的设备评估,确定需替换的设备类型和数量,选择性能更优、技术更先进的新设备,确保其与现有系统的兼容性和可操作性。其次,替换工作需科学规划,分阶段进行,避免对电力系统的正常运行造成影响。同时,采用标准化和模块化设计的新设备,便于未来的维护和升级。替换过程中,还需注重环保和节能,选用高效、环保的新型设备,减少能耗和环境污染。

## 6 结语

综上所述,变电站运行设备的维护与检修是保障电力系统稳定、高效运行的基石。通过系统分析设备老化、外部环境因素及操作失误等常见故障原因,本文提出了针对性的故障诊断方法,涵盖了互感设备、断路器及SF6气体泄漏等关键设备的检测技术。同时,介绍了从初步检查到仪器检测的标准故障排除流程,并深入探讨了定期检修与预防性维护、状态检修与智能维护以及老旧设备替换等先进检修技术的应用。研究表明,结合智能化监测手段与科学的维护策略,不仅能够显著提升变电站的运行可靠性和维护效率,还能有效延长设备寿命,降低运维成本。

## 参考文献

- [1]李建龙.浅谈输变电系统中变电运行故障处理.2021.
- [2]刘俊峰.输变电系统中变电运行故障及处理对策分析.2020.
- [3]庞云超.电力系统变电运行故障类型及处理研究[J]. 电子乐园, 2019(11): 0171-0171.
- [4]李甜.电力系统变电运行故障类型及处理研究[J]. 轻松学电脑, 2019, 000(023): 1-1.