

电力系统变电运行故障排除和检修技术研究

刘惠文 张 强 牛明超

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017010

摘 要: 本文探讨了电力系统变电运行的基本原理、常见故障及其排除技术,以及变电运行检修技术的研究。电力系统变电运行涉及电能的高效转换与输送,但易受电气、机械、保护与控制系统故障以及环境、人为因素的影响。针对这些故障,本文介绍了故障诊断方法、故障定位与隔离技术,以及故障修复技术。同时,研究了预防性检修、在线监测与检测技术以及检修策略优化等变电运行检修技术,旨在为电力系统变电运行的安全、稳定和高效提供技术保障。

关键词: 电力系统; 变电运行; 故障排除; 检修技术

1 电力系统变电运行基本原理与构成

1.1 电力系统概述

电力系统是由发电、变电、输电、配电和用电等多个环节紧密相连,共同构成的一个电能生产与消费的庞大系统。其核心任务是将一次能源高效转化为电能,并通过输、变电系统和配电系统将电能输送到各个负荷中心。在这些过程中,电能被转换成动力、热能、光能等多种形式的能量,为地区经济和人民生活提供源源不断的动力。由于电源与负荷的地理位置多数不重合,且电能无法大量储存,因此其生产、输送、分配和消费必须在同一时间完成,形成一个密不可分的整体。为确保电能的稳定供应和系统的安全运行,必须在各个关键环节设置完善的信息与控制系统,实现对电能生产与输运过程的全链条监控和管理。这样,电力系统才能高效地满足用户的用电需求,实现安全、经济、优质的电能供应。

1.2 变电运行基本原理

变电运行的基本原理主要依赖于电磁感应、电压调节、电流调节和功率因数调节等理论。在变电过程中,变压器起到关键作用。它通过电磁感应原理,将高电压的电能转换为低电压的电能,或者反之。这种转换是为了满足不同用户对电能电压的需求,以及减少输电过程中的电能损耗。除了变压器外,变电系统还包括其他重要设备,如自动电压调节器、断路器、避雷器等。自动电压调节器用于检测电压的变化,并根据设定值自动调节电压输出,以保持稳定的供电电压。断路器则用于保护电路免受过载、短路等故障的损害。避雷器则通过导体间的电火花放电来吸收雷击中的过电压,保护设备免受过电压的损害^[1]。

2 电力系统变电运行常见故障

2.1 电气故障

电气故障是电力系统变电运行中较为常见的一种故障类型。这类故障通常涉及电路、设备或系统的电气特性异常,可能由设备老化、绝缘损坏、短路或过载等原因引起。电气故障可能表现为电流异常、电压波动、设备过热或电弧闪络等现象,严重时可能引发火灾或设备损坏。例如,变压器内部绕组短路可能导致油温急剧升高,进而引发变压器故障。电气故障不仅影响电力系统的稳定运行,还可能对人员和财产安全构成威胁。

2.2 机械故障

机械故障是指变电设备中机械部件或结构出现问题导致的故障。这类故障可能由设备设计缺陷、制造质量不佳、维护不当或长期运行磨损等原因引起。机械故障可能表现为设备振动、噪音增加、运动部件卡滞或失效等。例如,断路器操作机构故障可能导致断路器无法正常合闸或分闸,进而影响电力系统的运行和保护功能。机械故障的处理通常需要专业的维修和技术支持,以确保设备的恢复和运行安全。

2.3 保护与控制系统故障

保护与控制系统在电力系统中起着至关重要的作用,用于监测电力系统的状态并在发生故障时迅速采取措施以保护设备和系统的安全。然而,这些系统自身也可能出现故障。保护与控制系统故障可能由软件错误、硬件损坏、通信故障或配置错误等原因引起。这类故障可能导致保护动作失灵、误动作或无法及时发出警报,进而影响电力系统的稳定性和安全性^[2]。例如,继电器故障可能导致保护拒动或误动,无法正确隔离故障区域,从而扩大故障影响范围。

2.4 环境因素导致的故障

环境因素也是导致电力系统变电运行故障的重要因素之一。极端天气条件,如雷电、暴雨、大风、高温或

低温等,都可能对变电设备造成损害或影响其正常运行。例如,雷电可能导致设备绝缘击穿或引发电弧闪络,暴雨可能导致设备进水或短路,大风可能导致设备损坏或连接松动。此外,环境因素还可能引起设备老化加速、腐蚀或污染等问题,进而增加故障发生的风险。

2.5 人为因素导致的故障

人为因素在电力系统变电运行故障中也占据一定比例。这类故障可能由操作不当、维护疏忽、错误判断或安全意识不足等原因引起。例如,操作人员可能因误操作导致设备损坏或系统停机,维护人员可能因未能及时发现和处理设备隐患而导致故障扩大。此外,设计或施工过程中的错误也可能导致设备在投运后出现故障。人为因素导致的故障通常与人员的技能和经验水平、培训程度以及管理制度的完善程度密切相关。

3 电力系统变电运行故障排除技术

3.1 故障诊断方法

在电力系统变电运行中,故障诊断是确保系统稳定运行和快速恢复的关键步骤。故障诊断方法主要分为传统诊断方法和现代智能诊断方法两大类;传统诊断方法依赖于运行人员的经验和直观判断,以及常规的检测仪器。这种方法通常涉及对变电设备的外观检查、电气性能测试和机械运行状态分析。运行人员通过观察设备是否有异常声响、振动、温度升高等迹象,结合仪表读数,初步判断设备是否存在故障。定期预防性试验也是传统诊断方法的重要组成部分,通过定期对设备施加一定的电压或电流,检测其绝缘性能、机械强度等关键参数,以预测和预防潜在故障。现代智能诊断方法则利用先进的传感技术、数据分析和人工智能技术,实现了故障诊断的自动化和智能化。这些方法包括专家系统、神经网络、模糊逻辑、支持向量机等。专家系统通过模拟人类专家的决策过程,将大量专业知识和经验规则存储在计算机中,实现对复杂故障的快速准确诊断。神经网络则通过学习和训练,能够识别故障特征,建立故障模式与故障类型之间的映射关系。模糊逻辑和支持向量机则分别适用于处理不确定性和非线性问题,提高了故障诊断的鲁棒性和准确性。随着物联网、大数据和云计算技术的发展,远程在线监测和智能预警系统已成为可能,能够实时监测设备状态,及时发现并预警潜在故障,为快速排除故障提供了有力支持。

3.2 故障定位与隔离

故障定位与隔离是电力系统变电运行故障排除过程中的关键环节,其目标是在最短时间内准确确定故障位置,并采取有效措施将故障区域与系统其余部分隔离,

以防止故障扩散,保障系统安全稳定运行。故障定位技术主要依赖于保护装置的动作信息和故障录波数据。当发生故障时,保护装置会迅速动作,切断故障电流,同时记录下故障发生前后的电流、电压波形等关键信息。通过分析这些信息,可以判断故障类型、故障点位置以及故障相别。随着行波测距技术的发展,利用故障行波在输电线路中的传播特性,可以实现精确到几百米甚至更短的故障定位。对于复杂电网,还可以结合地理信息系统(GIS)和电网拓扑分析,实现故障点的三维定位和可视化展示;故障隔离技术则依赖于自动重合闸、快速切换装置和远方跳闸等保护控制措施。自动重合闸可以在瞬时性故障(如雷击引起的闪络)清除后自动重合断路器,恢复供电。快速切换装置则能够在检测到故障时迅速切换至备用电源,确保重要负荷的连续供电。远方跳闸则是通过远方保护信号,实现远方故障的快速隔离,防止故障电流通过联络线扩散到其他电网区域。这些技术的综合运用,大大提高了故障隔离的速度和准确性,减少了停电范围和时间^[3]。

3.3 故障修复技术

故障修复技术是电力系统变电运行故障排除的最后一步,其目标是尽快恢复故障设备的正常运行或采取替代方案,确保系统供电的连续性和可靠性。现场修复技术主要针对可以直接在现场进行修复的故障。这包括更换损坏的部件、修复绝缘破损、调整机械部件位置或紧固松动螺丝等。现场修复要求维修人员具备丰富的专业知识和实践经验,能够迅速判断故障原因并采取有效措施进行修复。同时,为确保维修人员的安全,现场必须配备必要的安全防护设备和紧急救援措施;设备替换技术对于无法现场修复或修复成本过高的设备,通常采用设备替换的方式。这包括使用备用设备替换故障设备,或暂时使用其他相似功能的设备替代,以保证系统的连续运行。设备替换要求有充足的备件库和高效的物流支持,以便在故障发生时能够迅速提供替换设备。同时,替换下来的故障设备需要送至专业维修中心进行详细检查和修复,以备后续使用;远程在线维修技术随着信息技术的发展,远程在线维修技术逐渐成为可能。通过远程监控系统 and 专家支持系统,技术人员可以在远程对故障设备进行诊断和分析,指导现场人员或远程操作设备进行故障修复。这种技术不仅可以提高维修效率,还能降低维修成本,减少人员安全风险。然而,远程维修技术对系统的实时性、数据通信的可靠性和安全性提出了更高要求。

4 电力系统变电运行检修技术研究

4.1 预防性检修

预防性检修是电力系统变电运行维护中的重要组成部分,其核心在于“预防”二字,旨在通过定期的检查、测试和必要的维护措施,提前发现并消除潜在的故障隐患,从而确保变电设备的长期稳定运行。这一检修策略基于设备的历史运行数据、制造商的建议以及行业标准,制定出一套科学合理的检修计划。预防性检修通常包括以下几个方面:一是定期试验,如绝缘电阻测试、介质损耗因数测试等,用于评估设备的绝缘性能和老化程度;二是定期检查,对设备的外观、连接部位、紧固件等进行检查,确保无松动、腐蚀或损坏;三是定期维护,如清洁、润滑、紧固等,以保持设备的良好运行状态;四是定期更换,针对易损件或寿命有限的部件,按照规定的周期进行更换,避免其失效引发故障。

4.2 在线监测与检测技术

在线监测与检测技术是电力系统变电运行检修领域的一大创新,它通过安装在设备上的各种传感器和监测装置,实时收集设备的运行数据,如温度、振动、电流、电压等,并通过数据分析软件对这些数据进行分析处理,实现对设备状态的实时监测和故障预警。在线监测技术的优势在于其能够实时反映设备的运行状态,及时发现潜在故障,为检修决策提供可靠依据。例如,通过红外热成像技术可以实时监测设备的温度变化,及时发现过热点,预防因温度过高导致的设备损坏;通过振动监测技术可以评估设备的机械运行状态,提前发现轴承磨损、不平衡等问题^[4]。随着物联网、大数据和人工智能技术的不断发展,在线监测技术正逐步向智能化方向发展,能够自动识别故障模式,预测故障发展趋势,为检修策略的制定提供更加精准的数据支持。在实施在线监测技术时,需要综合考虑设备的类型、运行环境、监测成本等因素,选择合适的监测参数和监测方案,同时加强数据传输和存储的安全性,确保监测数据的真实性和完整性。

4.3 检修策略优化

检修策略优化是电力系统变电运行检修工作的核心目标之一,它旨在通过综合运用预防性检修、在线监测与检测技术等手段,实现检修工作的精细化、智能化和高效化。优化检修策略需要综合考虑设备的可靠性、经

济性、安全性和环境影响等多个维度,制定出符合实际需求的检修计划。检修策略的优化可以从以下几个方面入手:一是基于设备的重要性和故障后果,对设备进行分级管理,优先保障关键设备和重要负荷的稳定运行;二是结合在线监测数据和历史运行数据,运用数据分析技术,建立设备状态评估模型,实现设备状态的精准预测;三是引入风险管理理念,对检修工作进行风险评估,确定合理的检修周期和检修内容;四是推动检修工作的标准化和流程化,提高检修效率和质量;五是加强人员培训和技术交流,提升检修人员的专业技能和综合素质。随着智能电网的发展,检修策略的优化还需要与电力系统的智能化、自动化水平相适应。例如,通过智能调度系统实现检修工作的远程监控和智能调度,通过大数据分析技术实现检修资源的优化配置等。这些新技术的应用将进一步推动检修策略的优化升级,为电力系统的安全、稳定和高效运行提供有力保障。

结束语

综上所述,电力系统变电运行的故障排除和检修技术对于保障电力供应的稳定性和安全性具有重要意义。随着科技的进步和智能化技术的发展,未来的变电运行维护和检修工作将更加注重智能化、精细化和高效化。通过不断优化检修策略,提高监测和检测技术水平,可以进一步降低故障发生率,延长设备使用寿命,为电力行业的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1]陈昌飞.电力系统变电运行故障排除和检修技术研究[J].电力设备管理,2024(19):31-33.
- [2]黄涛,孙恒东,蒋骏,等.光纤分布式声传感系统在GIS耐压测试中的应用[J].激光技术,2023,47(4).DOI:10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2023.04.003.
- [3]王亮.电力系统变电运行故障的排除与检修[J].百科论坛电子杂志,2021,(24).3725-3726.DOI:10.12253/j.issn.2096-3661.2021.24.2522.
- [4]张传龙.变电设备检修的常见故障诊断与排除方法研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(8):1723-1724.DOI:10.12277/j.issn.1673-7075.2020.08.0861.