

配电线路中的配电设备运行与维护

杨永锋 温月琴

内蒙古电力(集团)有限责任公司巴彦淖尔市乌拉特后旗供电分公司

DOI:10.12238/etd.v6i8.17115

[摘要] 在电力系统中,配电线路的稳定运行对于保障电力可靠供应起着至关重要的作用,而配电设备作为配电线路的核心组成部分,其运行与维护水平直接影响着整个电力系统的性能。本文深入探讨了配电线路中配电设备的运行与维护。首先介绍配电设备基础与运行原理,涵盖分类、核心设备运行原理及环境要求;接着阐述运行维护管理流程,包括日常巡检、故障诊断处理与维护保养计划;最后强调安全操作要点,并分析智能化运维趋势。研究表明,科学合理的运行维护管理可有效提升配电设备可靠性与稳定性,保障电力系统安全运行。

[关键词] 配电设备; 运行原理; 智能化运维

中图分类号: TM727 **文献标识码:** A

Operation and Maintenance of Power Distribution Equipment in Distribution Lines

Yongfeng Yang Yueqin Wen

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., Ltd., Bayannur Urad Rear Banner Power Supply Branch

[Abstract] In power systems, the stable operation of distribution lines plays a crucial role in ensuring reliable power supply. As the core component of distribution lines, the operation and maintenance level of distribution equipment directly impacts the performance of the entire power system. This paper delves into the operation and maintenance of distribution equipment in distribution lines. It begins by introducing the fundamentals and operational principles of distribution equipment, covering classifications, core equipment operational principles, and environmental requirements. It then elaborates on the operation and maintenance management processes, including daily inspections, fault diagnosis and handling, and maintenance planning. Finally, it emphasizes key safety operation points and analyzes trends in intelligent operation and maintenance. Research shows that scientific and reasonable operation and maintenance management can effectively enhance the reliability and stability of distribution equipment, ensuring the safe operation of the power system.

[Key words] Distribution Equipment; Operational Principles; Intelligent Operation and Maintenance

引言

在电力系统的庞大架构中,配电设备宛如关键枢纽,承担着电能分配、传输与控制的重任,其稳定运行直接关乎电力供应质量,对维护社会生产生活正常秩序起着不可替代的作用。当下,电力需求持续攀升,电网规模不断拓展,这给配电设备的运行维护带来了更为严峻的挑战。本文聚焦配电设备运行与维护,深入剖析其原理、流程与发展趋势,力求为提升管理水平提供坚实理论与实用参考。

1 配电设备基础与运行原理

1.1 配电设备分类与功能

配电设备作为电力系统中电能分配、传输与控制的关键环节,依据电压等级及功能特性可划分为高压配电设备、低压配电设备以及保护控制设备三大类别。高压配电设备在电力系统中

承担着电能转换与初步保护的重要职责。变压器是其中的核心设备,它能够将输入的高压电能按照需求转换为适宜长距离传输的电压等级,有效降低输电过程中的能量损耗^[1]。断路器在电路出现短路或过载等异常情况时,迅速切断电流,防止故障范围的扩大,保护其他设备免受损坏。隔离开关主要用于在检修等情况下,将设备与电源可靠隔离,确保操作人员的安全。低压配电设备是实现电能最终分配的关键环节。配电箱和开关柜是常见的低压配电设备,它们将经过变压器转换后的低压电能,进一步分配到各个用电终端,如家庭、工厂等,满足不同用户的用电需求。通过合理的线路布局和开关控制,确保电能能够准确、稳定地输送到各个用电设备。保护控制设备在电力系统中起着监测和保护的关键作用。继电器能够根据电路中的电流、电压等参数的变化,自动控制电路的通断,实现对电路的保护和控制。熔断

器则是一种简单而有效的过流保护装置,当电路中电流超过规定值时,熔断器中的熔体迅速熔断,切断电路,防止设备因过流而损坏。电流互感器可以将一次侧的大电流按比例转换为二次侧的小电流,为测量仪表和保护装置提供准确的电流信号,以便对电路的运行状态进行实时监测和保护。

1.2 核心设备运行原理

变压器是配电系统的核心设备之一,其运行基于电磁感应原理。当一次侧绕组接入交流电源时,绕组中产生交变电流,从而在铁芯中产生交变磁通。这个交变磁通会同时穿过一次侧和二次侧绕组,根据电磁感应定律,在二次侧绕组中感应出电动势,实现电压的升降^[2]。在变压器运行过程中,需要严格控制多个关键参数。油温是反映变压器运行状态的重要指标之一,过高的油温会加速绝缘材料的老化,降低变压器的使用寿命。绕组温度同样需要密切关注,过高的绕组温度可能导致绝缘损坏,引发短路故障。此外,绝缘性能的好坏直接关系到变压器的安全运行,必须定期进行检测和维护。对于油浸式变压器,需要定期检测油质,因为油液在长期运行过程中可能会发生劣化,产生酸性物质和杂质,影响变压器的绝缘性能和散热效果。断路器通过电磁或弹簧机构实现快速的分合闸操作。在正常工作状态下,断路器处于闭合状态,保证电路的畅通。当电路发生短路或过载时,断路器的脱扣器会迅速动作。脱扣器通过感知电路中的电流变化,当电流超过设定值时,在毫秒级的时间内触发分闸机构,使断路器快速切断电流。在断路器的运行过程中,需要对其多个部件进行监测。触头是断路器实现电路通断的关键部件,长期使用后会出现磨损,影响触头的接触性能,导致接触电阻增大,发热加剧。操作机构的灵活性直接关系到断路器的分合闸速度和可靠性,如果操作机构出现卡涩等问题,可能会导致断路器无法正常动作。灭弧室的作用是在断路器分闸时,迅速熄灭电弧,防止电弧对设备造成损坏。因此,需要定期检查灭弧室的状态,确保其灭弧能力正常。电流互感器的主要作用是将一次侧的大电流按比例转换为二次侧的小电流。其工作原理基于电磁感应定律,一次侧绕组串联在电路中,通过的电流较大;二次侧绕组与测量仪表和保护装置相连,输出的电流较小。在使用电流互感器时,必须严格遵守二次侧严禁开路的规定。

1.3 设备运行环境要求

配电设备对运行环境有着严格的要求。温度方面,一般应控制在-5℃至40℃之间。过低的温度可能会导致设备中的润滑油凝固,影响设备的机械性能;过高的温度则会加速设备内部元件的老化,降低设备的可靠性。湿度也是一个重要因素,湿度不应超过85%,并且要避免凝露现象的发生。因为高湿度环境可能会导致设备表面结露,使绝缘材料受潮,降低绝缘性能,引发漏电和短路故障。配电设备的安装位置应远离腐蚀性气体、粉尘和振动源。腐蚀性气体会对设备的金属部件造成腐蚀,缩短设备的使用寿命;粉尘会附着在设备表面和内部,影响设备的散热和电气性能;振动源可能会导致设备松动、损坏,影响设备的正常运行。对于户外设备,需要采取一系列的防雷、防雨、防风措施。

安装避雷器可以有效地防止雷电对设备的袭击,将雷电过电压引入大地,保护设备免受雷击损坏^[3]。金属氧化物压敏电阻也是一种常用的防雷元件,它能够在过电压时迅速导通,限制过电压的幅值。此外,户外设备还应具备防雨和防风能力,采用密封性能良好的外壳和合理的结构设计,防止雨水侵入设备内部,同时确保设备在强风环境下能够稳定运行。

2 配电设备运行维护管理流程

2.1 日常巡检与状态监测

日常巡检需对配电设备进行全方位检查。外观检查不容忽视,要仔细查看设备外壳有无裂纹、腐蚀现象,设备表面是否存在异常发热区域,这些可能是设备内部故障的外在表现。接线端子的紧固情况直接关系到电路的稳定性,松动的接线端子会导致接触电阻增大,引发局部过热甚至打火现象。绝缘材料的状态也至关重要,需检查其有无老化、破损,老化或破损的绝缘材料会降低设备的绝缘性能,增加漏电和短路的风险。同时,要实时监测设备的运行参数,如电压、电流、功率因数等,通过对比正常参数范围,及时发现设备运行的异常。利用红外热像仪可以快速检测设备的温度分布情况,提前发现接触不良或过载等潜在问题,避免故障的进一步发展。不同地区的配电设备巡检周期有所不同。城镇公用电网及专线由于用电负荷较大、设备运行环境相对复杂,每月需进行一次巡检;而郊区及农村线路用电负荷相对较小,每季度至少巡检一次。在特殊季节,如雷雨季节,要重点检查防雷装置是否完好,确保其能有效防止雷电对设备的袭击;高温季节需关注导线弧垂情况,防止因导线过热膨胀导致弧垂过大,引发安全事故;严冬季节则要检查绝缘子污秽情况,避免污闪事故的发生,此时需适当增加巡检频次。采用先进的状态监测技术可以更准确地掌握设备的运行状况。振动分析技术可以通过分析设备的振动信号,预测设备的磨损程度,提前发现设备潜在的故障隐患。油液分析技术能够对变压器等设备的油液进行检测,评估设备内部的状况,如油液中的金属颗粒含量、水分含量等,为设备的维护提供依据。局部放电检测技术可以发现电缆等设备的绝缘缺陷,震荡波局放试验(OWTS)就是一种有效的检测方法,它通过谐振电压激发电缆局放,从而定位绝缘薄弱点,及时进行修复。

2.2 故障诊断与处理

当设备出现故障时,首先要通过监测数据迅速定位故障点。根据电流突变、电压波动等信息,结合设备的历史运行记录,准确判断故障类型,如短路、接地、过载等。以电流互感器为例,如果其二次侧开路,会导致二次电流为零,而一次电流全部用于励磁,使设备过热,通过监测电流数据和设备温度变化,可以快速诊断出这一故障。故障发生时,要立即启动应急预案,迅速隔离故障区域,防止事故进一步扩大。同时,优先恢复关键负荷的供电,减少停电时间对重要用户的影响。采用环网结构可以快速转移负荷,将故障区域的负荷转移到其他正常运行的线路上;通过自动化开关实现故障自愈,当检测到故障时,自动化开关自动动作,隔离故障段,恢复非故障段的供电^[4]。故障修复后,必须

进行严格的验证,确保设备性能恢复至标准值。电缆故障修复后需进行直流耐压试验,验证其绝缘强度是否达到要求;变压器修复后要进行各项电气性能试验,确保其运行参数正常。只有通过严格的验证,才能保证设备修复质量,避免故障再次发生。

2.3 维护保养计划

根据设备的类型、运行年限和历史故障数据制定详细的预防性维护计划。变压器每3年进行一次大修,对内部的绕组、铁芯、绝缘油等进行全面检查和维修;断路器每5年更换操作机构弹簧,确保其分合闸动作的可靠性。通过定期的预防性维护,可以有效延长设备的使用寿命,降低故障发生率。建立关键备件库存,确保在故障发生时能够在48小时内完成更换。储备断路器触头、电流互感器绕组等关键备件。采用RFID技术实现备件的全生命周期管理,通过在备件上安装RFID标签,可以实时跟踪备件的入库、出库、使用情况等信息,提高备件管理的效率和准确性。定期对运维人员进行设备原理、操作规程和应急处理培训,提升其专业技能。通过模拟故障演练,让运维人员在模拟的故障场景中进行实际操作,提高他们对复杂事故的处置能力。

3 配电设备安全操作与智能化运维趋势

配电设备操作中,安全始终是重中之重。操作高压设备时,个人防护装备必不可少。绝缘手套能有效防止手部触电,绝缘靴可阻断电流经脚部传导,安全帽则能保护头部免受意外撞击。同时,必须使用绝缘工具进行带电作业,从源头上降低触电风险。操作顺序的严格执行是保障安全的关键环节。要遵循“停电-验电-挂接地线-操作”的流程,每一步都不可或缺。约时停送电或带负荷拉合隔离开关是绝对禁止的行为,这些违规操作极易引发严重的安全事故。以更换电流互感器为例,必须先断开二次侧负载,切断电流回路,再断开一次侧电源,确保操作人员处于安全环境。完善的应急预案是应对突发事件的有力武器。针对火灾、触电、设备爆炸等可能发生的事故,要制定详细的应急响应流程,并定期组织演练。自动灭火装置能在火灾初期迅速扑灭火源,应急照明系统则可在停电时为人员安全撤离提供照明保障,最

大程度减少事故损失^[5]。智能化运维技术为配电设备的高效管理带来了新的变革。远程监控系统借助传感器和物联网技术,实时采集设备的温度、电流、振动等运行数据。通过数据分析,实现设备状态的远程监测和故障预警。某电力公司部署的智能监控系统,能够提前24小时预测变压器故障,为运维人员争取宝贵的处理时间。预测性维护依托大数据分析和机器学习算法,根据设备的历史运行数据,精准预测故障发生的概率。基于这些预测结果,优化维护计划,合理安排设备检修。通过分析断路器的操作次数和触头磨损数据,提前安排触头更换,避免设备故障影响正常供电。

4 结语

配电设备运行与维护是电力系统稳定运行的关键保障。通过科学合理的日常巡检、精准的故障诊断处理、完善的维护保养计划以及严格的安全操作规范,可有效降低设备故障率,延长设备使用寿命。智能化运维趋势为配电设备管理带来新机遇,借助先进技术实现远程监控、预测性维护与自动化巡检,将进一步提升运维效率与质量,推动电力系统向智能化、高效化方向发展。

[参考文献]

- [1]白会丽,邱璐,李蓓蓓.配电线路中的配电设备运行与维护研究[J].光源与照明,2024(9):162-164.
- [2]刘栩霏.配电线路中的配电设备运行与维护分析[J].科技风,2020(3):178.
- [3]江贤泽.配电线路中的配电设备运行与维护技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2020(2):51+53.
- [4]刘帅,迟凯.探析配电线路中的配电设备运行与维护[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(9):318-319.
- [5]薛永祥,杨永强,耿智祺.运行维护和故障排除技术在电力输配电线路中的应用探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):001-004.