

配电线路运行检修技术及防雷对策优化

赵兴超, 国 祯

(泰安供电公司腾飞实业有限公司腾飞配网公司, 山东 泰安 271000)

摘要 本文主要围绕配电线路运行检修技术及防雷对策展开了一系列的研究, 系统分析了接地故障、短路故障、高阻故障、间歇性故障等常见问题的检修技术方法, 并提出了针对性的防雷优化措施。在检修技术方面, 重点介绍了绝缘电阻检测、分段排查、高阻故障测试仪应用、动态监测等技术手段; 在防雷对策方面, 强调避雷器合理配置、接地系统优化、绝缘水平提升及智能监测预警体系的构建。本文旨在为提高配电线路运行可靠性、降低故障风险提供实践参考。

关键词 配电线路; 运行检修; 接地故障检修; 短路故障检修; 高阻故障检修

中图分类号: TM72

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.34.036

0 引言

配电线路的安全稳定运行直接关系到用户的供电质量。然而, 受环境腐蚀、外力破坏、雷电冲击等因素影响, 当前配电线路常发生接地、短路、高阻等故障, 其中雷击故障占比尤为突出。而传统检修方法主要依赖于经验判断, 效率较低; 防雷设施若配置不当的话, 易导致绝缘击穿或设备损坏的现象发生。基于此, 本文系统梳理了配电线路的典型故障的逻辑诊断流程, 总结出了一套高效检修的技术方案, 并从设备选型、系统设计等角度提出防雷优化方案, 旨在为运维人员提供可操作的解决方案。

1 配电线路运行检修技术要点

1.1 接地故障检修

接地故障的形成往往与线路绝缘材料老化、遭受外部损伤或者受到各类环境条件的影响, 进而导致线路整体绝缘性能出现明显下降。当发生此类故障时, 通常会表现出带电导线与大地之间的绝缘阻抗值大幅度减小、未发生故障的其他相线电压出现不正常的升高。此类问题不及时解决的后果是会引发一系列的连锁反应, 甚至造成人员伤亡的严重事故^[1]。

在现场开展故障排查工作时, 首先是用绝缘电阻测试仪对接地相的绝缘阻抗进行测量。如果实测数值低于预先设定的参考标准, 就可初步认定为接地异常问题, 想要更准确地评估故障状态就需要借助电压监测的方式, 重点观察非故障相的电压是否出现不正常升高的现象。其次需要将整条配电线路按照一定的布局合理地划分成多个区段, 依次对这些区段进行隔离,

并分别检测接地相在各区段的电压变化情况, 通过这种分段排查的方法缩小故障可能出现的范围。还可以采取逐一断开各分支线路开关的操作方式, 通过观察接地报警信号而进一步确定问题所在的具体区段, 除确定好问题出现的区域之外还需要通过运用红外热成像技术来检测绝缘子表面是否存在局部温度异常升高的现象, 或者利用专用的接地电阻测量仪器, 直接测量故障点相对于大地的阻抗值, 从而精准定位绝缘性能失效的具体位置。最后要特别留意绝缘子表面是否出现老化、接触不良等损坏, 同时需要检查线路旁边的树木是否与线路保持一定的安全距离, 通过这种物理方面的措施来避免异常线路的发生。

1.2 短路故障检修

短路故障是由于相间或相对地绝缘失效导致电流突然急剧增大, 常见的类型主要有三相短路、两相短路以及单相接地短路。引发短路故障的主要原因包括外力破坏、鸟类或树枝短接相间线路、电缆头因长期运行而老化击穿等, 这类故障一旦发生, 不仅可能导致电气设备被烧毁, 还会造成系统电压突然大幅下降, 甚至在严重情况下引发火灾事故。

在针对短路故障开展检修工作时首先要进行范围判断, 一般优先依据保护装置的动作信息来初步确定故障所在的大致区域, 如果对主干线进行试送电操作后发现无法成功送电, 那么基本可以判断故障点位于主干线上; 要是分支线路在试送电时出现异常情况, 则可以将故障锁定在对应的分支线路上。完成范围判断后, 使用万用表来测量线路的通断情况; 对于电缆发生的短路故障, 则需要先借助电缆路径仪来探测故

障点在电缆中的埋设深度,然后再通过开挖地面等方式来验证故障点的具体位置。此外,在检修过程中还需要重点检查线路与周边物体之间是否保持了足够的安全间距,仔细查看电缆终端头的密封状态,同时留意线路周边是否有鸟类筑巢或者树枝搭接在导线上等可能引发短路的痕迹^[2]。

1.3 高阻故障检修

高阻故障是指导线与高阻抗物体接触后形成的一种非金属性短路,这种故障的电阻值相对较高,由于其电阻较大,使用常规检测方法时很容易与普通的接触不良问题相混淆。高阻故障的表现通常是不易触发保护装置动作,但如果长期存在,会持续加速线路绝缘性能的老化,随着时间推移,原本的高阻故障很可能进一步恶化,最终发展成为完全短路故障。

在对高阻故障进行检修时,首先需要借助高阻故障测试仪这类专业仪器,通过向故障点施加一定强度的高压脉冲,利用脉冲激发故障点产生放电现象,然后根据放电时发出的声音或者仪器接收到的脉冲反射信号来准确判断故障位置;在现场排查过程中,要特别留意导线与绝缘支架、树木以及建筑物等物体的接触部位。为了进一步确认故障,还需要进行电阻验证,具体操作是使用兆欧表测量可疑点对地的电阻值,如果测量结果显示电阻值异常偏高,但又并非完全处于绝缘状态,那么就有可能是高阻故障;此时可以将测量结果与正常情况下的绝缘电阻值进行对比,从而辅助判断故障性质。在完成故障定位和确认后,接下来的关键步骤是进行修复和采取预防措施,修复过程中需要彻底清理故障点的接触面,例如对导线表面的氧化层进行打磨处理,确保接触面的干净可靠,同时还要更换已经受损的绝缘材料,比如重新包裹好脱落的绝缘胶带或者更换老化的绝缘子等。

1.4 间歇性故障检修

间歇性故障的典型特征是故障现象并非持续存在,而是呈现随机发生又自行恢复的特点。这类问题可能由多种临时性因素引发,例如强风天气下漂浮物偶然接触导线或者电气连接部位因长期氧化而导致接触电阻增大等。这种时断时续的异常通断状态会对电气触点产生反复冲击,加速其机械磨损和电弧烧蚀,从而对设备的长期稳定运行构成潜在的威胁。

在排查间歇性故障具体操作中,可借助红外热成像设备对各电气连接点的温度变化进行实时监测,一旦发现某处连接点出现异常发热现象,就应当将其列为重点排查对象。另外,还应当系统记录故障发生的

具体时间和环境条件,若具备故障录波数据,还应深入分析这些数据,从中找出故障发生的周期性规律,比如判断故障是否在特定时段或气象条件下更易出现,从而为后续的故障诊断提供重要线索。此外,对于那些容易受外力影响的薄弱环节也应给予特别关注,这些位置由于容易受到风力作用产生摆动,往往更容易出现连接松动或接触不良的问题。在完成上述检查和监测工作后,一方面,应当彻底清理线路周边可能引发故障的异物,例如修剪靠近导线的树枝、移除缠绕在导线上的风筝线等;另一方面,要对检查中发现的松动部件进行加固维护,比如拧紧松动的紧固件、更换老化的绑扎材料等,确保所有连接部位都处于稳固可靠的状态^[3]。

1.5 运行维护与预防性管理

除故障检修外,配电线路的日常运行维护是预防故障发生的关键环节,需围绕环境基础、设备状态、技术应用及预防性试验等方面系统开展。需定期清扫绝缘子表面的灰尘,避免灰尘长期堆积降低绝缘性能;检查配电线路杆塔基础的稳固性,特别是在地质松软区域,要通过混凝土加固等方式防止杆塔倾斜或倒塌;针对沿海盐雾区、重污染区等易受环境影响的地段,需加强绝缘子的防污闪处理,例如涂覆 RTV 涂料,以提升其在恶劣环境下的绝缘可靠性。并且需按固定周期开展关键项目的检查:包括线路接头、线夹的温度测量,通过监测异常温升及时发现接触不良问题;对电缆接头进行温度检测,确保其运行状态正常;定期测试接地电阻,保证接地系统的可靠性;测量交叉跨越距离及导线弧垂,避免因弧垂过大引发树障或相间短路等问题。

2 配电线路防雷对策优化

2.1 强化防雷设施配置与管理

强化防雷设施配置与管理是提升配电线路防雷能力的关键,需从避雷器选型安装和接地系统优化两方面协同推进。在避雷器选型与安装环节,应在配电线路易遭受雷击的重点区段加装金属氧化物避雷器(MOA),优先选用带间隙的避雷器,这种设计能有效避免避雷器在长期运行过程中因持续承受电压而出现老化问题。安装时要特别注意将避雷器布置在靠近被保护设备的位置,确保其能在雷击瞬间快速响应,同时将接地电阻严格控制在合理范围内,一般土壤环境下接地电阻需 $\leq 10 \Omega$,而在高土壤电阻率地区则要求更严格,必须 $\leq 4 \Omega$ 。接地体通常采用水平敷设的扁钢(规格为

40×4 mm)或垂直接地极(选用角钢,尺寸为50×50×5 mm,长度2.5 m),埋设深度需≥0.8 m,并确保与线路杆塔、变压器外壳实现可靠连接,形成共用接地网,以增强整体导电性能^[4]。为保证接地效果,需每年雷雨季前定期检测接地电阻,对于高电阻率土壤区域,可通过添加降阻剂或增加接地极数量的方式降低电阻值。杆塔接地电阻的大小直接影响配电线路的防雷能力,若接地电阻阻值过大,雷电流无法快速泄入大地,会导致线路在雷击时承受过高电压,进而影响配电线路的运行稳定性;只有将接地电阻严格控制在合理范围内,才能确保线路具备足够的防雷能力,有效减少雷击故障的发生。

2.2 提升线路绝缘水平与屏蔽能力

提升线路绝缘水平的首要策略是逐步以绝缘导线替代传统裸导线,绝缘导线通过外层绝缘材料的包裹,能有效阻断雷电直击或异物意外搭接导致的短路风险,从源头上降低故障发生的概率。对于短期内无法全面更换的老旧裸导线线路,可通过加装绝缘护套的方式进行绝缘化改造。需特别关注的是,配电线路遭受雷击时会产生瞬时高幅值过电压,这种剧烈的电压波动易造成绝缘子内部结构损伤甚至击穿,因此,必须严格选用符合国家/行业技术标准的优质绝缘子产品,确保其抗雷电冲击性能达标,通过提升关键绝缘部件的耐雷水平来增强线路对雷电过电压的耐受能力。在变电站进出线段平行敷设屏蔽线,要求其主导线间距控制在20 m以内,并确保屏蔽线两端可靠接地,该措施通过形成电磁屏蔽层,可有效衰减雷电电磁场在主导线中感应生成的过电压,降低其对线路设备的冲击。同时,针对站内电子设备,需通过等电位连接排将其与接地网进行可靠电气连通,消除设备间因电位差形成的反击通道,避免雷电过电压通过接地系统耦合至二次设备,从而保障精密电子元件的安全稳定运行^[5]。除上述基础措施外,还可在绝缘子表面增设防弧金具或增爬裙等防护结构,增强其抗闪络能力;适当增加防雷分流线的布置密度,分散雷电流泄放路径;结合线路实际运行环境,探索新型复合绝缘材料、差异化绝缘配置等技术的应用,通过这种多维度的优化绝缘配合与屏蔽体系来实现对配电线路雷电防护能力的综合提升,确保其在极端气象条件下的可靠运行。

2.3 完善监测预警防护体系

在建立智能化监测预警防护体系时,需重点推进雷电监测网络与故障诊断系统的协同建设,可以通过在配电网关键节点部署相关的雷电监测装置,实时获

取雷击事件的电流强度、极性特征及精准落点坐标等相关的核心数据,同时配合相关的线路故障指示器,对短路、接地等异常情况进行自动识别与状态上传,由此搭建起雷电活动与线路故障的关联分析平台。该平台在捕捉到雷击事件后,可自动触发故障溯源分析功能,能够快速锁定异常点的位置,同步生成标准化的检修任务单并通过数字化的渠道推送至运维人员,大幅提高故障处理的应急响应速度。当前防雷技术体系不只存在简单的基础性防护措施,还针对不同的区域、不同的路线设置了针对性的防护措施,能够根据不同的情况做出不同的反应。因此,在规划设备的安装与设定相关的预警响应值时要具体针对当地的实际情况进行设置,确保监测预警系统与防雷措施能够最大限度地满足不同情况下的需求,例如将实时采集到的雷电监测数据与防雷装置的防护效能相结合,进而持续优化防雷策略的科学性与精准性,全面提升线路抵御雷电灾害的综合能力^[6]。

3 结束语

通过设备检修方法与科学的防雷保护策略进行有机结合,能够切实减少配电线路运行过程中的故障发生。需要注意的是,针对不同性质的线路故障需采取针对性的处置手段,如在防雷保护方面,应贯彻“以预防为核心”的基本设计理念,措施涵盖合理选择避雷参数、强化接地系统的保养、优化线路的匹配性等关键技术环节,同时通过智能化的手段实现对雷击引发故障的迅速定位与高效处置。

参考文献:

- [1] 杨添博.10kV 配电线路运行维护及新型检修技术探析[J]. 电力设备管理,2025(08):14-16.
- [2] 李晓东.10kV 及以下配电线路运行维护管理及检修技术分析[J]. 电工材料,2024(06):47-49.
- [3] 喻足龙.10kV 及以下配电线路运行维护及新型检修技术应用[J]. 电气技术与经济,2023(09):360-362.
- [4] 赵燕.基于虚拟现实技术的游戏式教学模式的设计与研究:以输配电线路运行与检修课程为例[J]. 江西电力职业技术学院学报,2023,36(02):53-55.
- [5] 庄天.10kV 及以下配电线路运行维护及新型检修技术应用[J]. 工程建设与设计,2021(20):38-40.
- [6] 陈容辉.输电线路的运行检修和防雷技术分析[J]. 光源与照明,2021(04):135-136.