

# Optimized Design and Reliability Enhancement of Distribution Network Lines

Zhichun Zhang

Yizhou District Power Supply Company, Hami Power Supply Company of State Grid Xinjiang Power Company Limited, Hami, Xinjiang, 839000, China

## Abstract

In modern society, the stable operation of the power system is related to the development of the national economy and the normal operation of society. As an important component directly facing the vast number of electricity users, the optimization design and reliability improvement of the distribution network are crucial links in ensuring stable power supply. With the acceleration of urbanization in China and the growth of electricity demand, the distribution network is facing many challenges such as line aging, uneven load, and frequent faults, which seriously affect the quality of power supply and user experience. Therefore, optimizing distribution lines and improving power supply reliability is not only an inherent requirement for the development of the power industry, but also an inevitable choice to meet the high-quality electricity demand of society. By optimizing the design of distribution network lines, planning the layout of the lines reasonably, and adopting advanced technology and equipment, the power supply capacity and reliability of the distribution system can be effectively improved, the power outage time and frequency can be reduced, and the comprehensive performance of the power grid can be improved.

## Keywords

distribution network line; optimization design; reliability improvement

## 配电网线路的优化设计与可靠性提升

张志春

国网新疆电力有限公司哈密供电公司伊州区供电公司, 中国·新疆哈密 839000

## 摘要

在现代社会中, 电力系统的稳定运行关系到国民经济的发展与社会的正常运转。配电网作为直接面对广大用电用户的重要组成部分, 其线路优化设计及可靠性提高是保障供电稳定的重要环节。随着我国城镇化进程的加快, 用电需求的增长, 配电网面临着线路老化、负荷不均匀、故障频繁发生等诸多挑战, 严重影响供电品质和用户体验。因此, 优化配电线路, 提高供电可靠性, 既是电力工业发展的内在要求, 又是满足社会高品质用电需求的必然选择。通过对配电网线路进行优化设计, 对线路布局进行合理规划, 采用先进的技术与设备, 能够有效地提升配电系统的供电能力与可靠性, 降低停电时间与停电次数, 提高电网综合性能。

## 关键词

配电网线路; 优化设计; 可靠性提升

## 1 引言

配电线路的优化设计和可靠性提高是一项综合性的研究课题, 涉及到多个学科和领域。电力工程设计既要考虑先进实用的技术, 又要考虑经济、环保、社会接受等方面的要求。为保证配电网的高效稳定运行, 需要从线路的选择、导线截面的确定、设备的选择和布置等方面进行综合考虑。同时, 为提高配电系统的可靠性, 必须建立健全的监控和维修制度, 及时发现、处理故障, 保证供电的连续性。同时, 随着新能源技术的快速发展以及智能电网建设的不断深入, 配

电网的优化设计不仅要兼顾新能源的接入, 而且要与智能电网技术相结合, 才能更好地适应未来电网的发展趋势。因此, 开展配电网线路优化设计及可靠性改进研究, 为当前相关行业的热议课题。

## 2 配电网线路的可靠性影响因素

### 2.1 设备老化与维护不足

在配电网络中, 随着运行年限的增加, 各种设备如变压器、断路器和绝缘子等将逐渐老化。随着设备老化, 设备性能下降, 故障率增加, 不仅影响供电稳定, 而且可能引发安全事故<sup>[1]</sup>。同时, 维修保养不到位对可靠性也有很大的影响。通过定期的维修保养, 及时发现和解决隐患, 提高设备寿命。然而, 由于维修资源有限或者维修计划不合理, 一

【作者简介】张志春(1968-), 中国新疆哈密人, 高级工程师, 从事配电设备、配电网线路研究。

些设备可能得不到及时维修，导致故障频繁发生。

## 2.2 自然环境因素

在配电网络中，自然环境是影响线路可靠性的一个重要因素，雷电、暴雨、强风、冰雪等恶劣天气会引起线路故障。雷击会造成绝缘子的击穿和线路的短路。在暴雨、洪水的冲刷下，高塔地基会被冲塌，造成塔身倾斜、坍塌，强风会引起电线的舞动，引起短路、断线，冰、雪会增大导线的机械载荷，造成导线折断、杆塔损伤。另外，自然环境中的腐蚀性气体、盐雾等也能加速设备的老化与损伤。

## 2.3 负荷分布与增长

随着社会经济的发展及用电需求的增长，配电网负荷日益增加，尤其是部分经济发达地区及市中心地区负荷密度较大且增长较快。不合理的负荷分布会使一些线路或设备长时间工作在过载状态，从而增加设备失效率和失效风险。另外，由于负荷过大，配网容量过大，需要进行线路改造、设备更新。

## 2.4 人为因素与管理不足

由于人为因素，如不合理的操作、不合格的施工质量、不完善的安全措施等，都会造成设备的损坏或失效。同时，由于缺乏有效的管理措施，配电网络的可靠性将受到很大的影响<sup>[2]</sup>。由于缺乏对设备的有效管理，不合理的维修计划，不能及时响应故障，造成设备故障率的增加，影响供电的稳定性。另外，管理不善也会造成资源配置不当，影响设备的维修与更新。

# 3 配电网线路可靠性提升的优化设计

## 3.1 契合气候环境的高可靠性设备选型与应用

高可靠设备的选择和应用是新疆地区配电线路可靠性提高的核心问题。新疆四季分明，夏热冬冷，因此在选择设备时要充分考虑这些因素。在选择变压器时，除要考虑常规的容量、短路阻抗、空载损耗和负荷损耗外，还要考虑到新疆地区夏季高温带来的用电高峰，优先选用具有高过载能力的节能变压器<sup>[3]</sup>。新疆地区夏季极端高温可达40℃，在该环境中，非晶合金变压器由于其低损耗特点，空载损耗可降低70%~80%，可有效降低高温、高负荷运行引起的设备老化失效概率。断路器选择时，应考虑新疆地区冬季严寒天气对设备操作机构的影响，选择真空断路器或六氟化硫断路器，操作机构低温适应性好，开断能力强，机械寿命长，电寿命长。这类断路器具有良好的灭弧性能和较长的维修时间，大大减少由于冬季气温过低而造成的开断失败的风险。在选用绝缘子时，应特别注意新疆地区沙尘天气对绝缘子绝缘性能的影响。在新疆市郊等沙尘重地区，必须使用具有优异抗污闪性能的复合绝缘子，利用其特有的材料特性，有效抵抗沙尘颗粒物对绝缘性能的影响，预防污闪事故的发生。同时，为各种设备加装局部放电仪、温度、湿度等智能监测设备。在此基础上，结合大数据分析故障诊断技术，建立

设备健康状态评价系统，实现对设备潜在缺陷的准确定位，并安排检修，避免故障由小隐患演变成大事故。在设备安装方面，严格按照《陕西省配电网工程施工及验收规范》的要求，成立专业的施工队伍，对施工人员进行技术培训和考核，保证施工技术达到规范要求。在安装过程中，要严格控制各关键节点的质量，如变压器底座的水乎度，断路器的触点压强等。在设备安装完毕后，建立设备的使用寿命管理文件，对设备的型号、规格、安装时间、使用情况进行详细记录。在日常维修管理中，根据新疆地区设备运行特点，制定科学、合理的维修保养方案；在夏季高温时段，对变压器的油温和绕组温度进行监控。在冬季，主要检查断路器操纵装置润滑情况和绝缘子的防覆冰情况。定期开展设备巡视、预防性测试及检修，及时更换老化损坏的零部件，使其一直保持在最优的工作状态，在设备层次上为配电网的安全可靠奠定基础。

## 3.2 适应城乡发展的配电网网络结构优化设计

新疆城乡电力需求存在着明显的差异，城市建设也在加快推进，这就要求对其进行优化。全面采集各城区、市郊及周边县市的各种基础数据，如线路参数、负荷分布、供电半径、短路电流等。应采用专业的功率分析软件，从拓扑形态、负荷特征、分布式电源接入潜能等多维度分析电网运行状态。重点检查城区内是否存在供电半径小而线路负荷率高，城郊供电半径大造成终端电压品质差，城乡结合部短路容量超标的问题。在评价结果的基础上，制定网络结构的差异性优化策略，针对城区电力负荷高、可靠度高的特点，针对辐射型配电网，采用精细化分区及联络开关配置方式，对线路进行合理分段，并在相邻线路之间设置智能联络开关，构建紧密的手拉手环网结构。各区段按负荷分布及重要用户状况精确分区，保证故障发生时迅速隔离故障区域，并经联络开关对非故障区域供电恢复，使停电范围最小，停电时间最短。在电网结构调整时，充分考虑新疆城区重点用电客户（如商业综合体、医院、学校等）的用电需求，预留充足的负荷增长空间及分布式电源接入接口。针对市郊及周边县市，根据当地用电增长趋势及分布式电源（如分布式光伏、小风力发电等）的发展规划，采用多段多接点、网格状等先进网络结构。多区段多接结构能够增加线路区段数目，增加联络通道，增强网络柔性及转供能力，能有效应对季节性负荷波动及分布式电源间歇性发电等问题。网架结构具有可靠性高、负载均衡能力强等特点，可快速响应故障，保障农村生产生活用电稳定。在网络优化过程中，组织专家团队对不同方案进行详细的技术经济分析，对不同优化方案的造价、运行维护成本、可靠性提高效果等指标进行比较，选择综合效益最佳的方案。实行科学的施工组织方案，对停电时段进行合理规划，采用带电作业、负荷转移等技术措施，将电网结构调整对用户正常用电造成的冲击降到最低，使配网结构与城乡建设的协调发展具有重要意义。

### 3.3 基于电网特点的智能化运维管理技术应用

新疆电网规模大、覆盖面广，为提高供电可靠性，必须进行智能化的运维管理。应建立智能监控系统，全面覆盖新疆配电网，在城区密集线路、市郊长距离线路、重要变电站出线等关键节点，配置高精度电流、电压、故障指示、局放监测等多种智能传感器。针对新疆城区地下电缆众多的特点，提出加强对电缆温度和局放等参数的监测，并提出相应的对策。在市郊架空线路中，应增设微振、弧垂等传感装置，这些传感器利用5G通信和光纤通信等通信技术，实时地把采集的线路运行参数、故障信息等信息传送给智能运营管理平台，从而可以全天候、全覆盖地监控配电网线路的运行状况，通过大数据分析、人工智能等技术，对监测数据进行深度挖掘<sup>[4]</sup>。以新疆电网为研究对象，结合历史、气象、用电等多源信息，构建适合新疆电网特征的数据分析模型与算法。在分析线路负荷特征的基础上，预测各季节、各时段的负荷变化趋势，为电网运行方式的调整、设备的扩容做好准备，采用故障规律分析方法，结合夏季高温高负荷易诱发设备过热故障、冬季低温易诱发绝缘子闪络等特点，对故障高发区域及时段进行预测，并制定有针对性的防范措施。通过实时分析设备运行参数，利用人工智能算法对设备健康状态进行判断，制定个性化维修方案，达到由定期维修向状态维修过渡的目的。智能运维管理平台在线路故障时，采用人工智能的故障定位算法，对故障信息进行快速分析，精确定位故障位置，自动控制开关设备对故障区域进行隔离，启动非故障区域供电恢复流程，大幅缩短故障处理时间。

### 3.4 针对雷电活动的防雷与接地系统优化实施

合理的雷电防护及接地系统设计对于保证城市配电网的安全运行至关重要。系统采集新疆地区近10年的闪电监测资料，包括闪电发生的时间、地点、强度、极性，并结合GIS技术，对新疆地区闪电活动规律及分布进行分析。同时，通过对新疆配电网线路的全面调查，统计每条线路的雷击跳闸率和雷击故障类型，并结合线路地形地貌、杆塔结构等因素，确定线路的雷电风险等级，寻找防雷薄弱环节，在城市高层建筑密集的地区，线路容易受到雷击后的冲击。针对不同的雷击风险等级，采取不同的防雷措施，在雷电活动

频繁的山区线路中，采取“疏导结合”的措施，其中线路避雷器的装设是其关键所在。最好选用伏安特性好、通流能力强的氧化锌避雷器，根据杆塔高度、线路电压等级等因素，对避雷器的安装位置及数量进行合理设置，如在杆塔顶端、绝缘子串两端、电缆与架空线连接处等关键部位，以有效地抑制雷击过电压，保护线路设备。同时，优化杆塔接地装置，针对新疆山区土壤电阻率高的特点，拟采用新型降阻材料，如具有良好导电、耐腐蚀性的纳米碳降阻材料，有效提高土壤导电性。增大接地极长度，采用外延接地或埋入接地模块，增大接地装置的通流面积，降低杆塔接地电阻低于规定值，从而提高线路的耐雷水平。对城区、市郊线路，加强对防雷设施的精细化管理，定期对避雷器、接地装置等进行专业的检测与测试，检测项目有避雷器的漏电流、绝缘电阻、持续电流等，还包括接地装置的接地电阻、跨步电压等。建立防雷设施的健康档案，对试验数据及维修情况进行详细的记录，对性能老化或老化的防雷设施应及时更换。

## 4 结语

综上所述，对配电线路进行优化设计，提高供电可靠性，是保证供电稳定和供电质量的关键。未来，随着科学技术的不断进步，用电需求的不断提高，配电线路的优化设计也将向智能化、自动化、高效率方向发展。智能监控、故障自愈等先进技术的应用，为提高配电系统的可靠性提供强有力的支撑。因此，电力工业必须持续重视配电网线路优化设计和可靠性提高，不断引进新技术和新方法，以满足社会对优质用电需求，促进电力工业可持续发展。

## 参考文献

- [1] 熊晋树,张成,李轶.配电网线路中的全封闭隔离开关智能控制系统设计[J].集成电路应用,2024,41(06):368-369.
- [2] 苏丽娟.城市配电网配电网线路设计优化对策[J].光源与照明,2022(05):198-200.
- [3] 吴文庆.城市配电网配电网线路设计优化对策[J].电子测试,2021(04):131-132.
- [4] 马丽山.10kV配电网供电可靠性的优化措施[J].集成电路应用,2020,37(11):164-165.