

配电网线损的危害及技术措施分析

王鑫 刘廷蕊

固原农村电力服务有限公司 宁夏 固原 756300

摘要: 在电力系统中,配电网线损问题长期存在且影响深远。本文剖析了配电网线损产生原因,涵盖布局不合理、设备老化、负荷不均衡及管理漏洞等多方面。阐述了配电网线损对电力企业经济效益、电网安全稳定运行、能源资源利用效率及用户供电质量的危害。在此基础上,从优化电网结构、设备升级改造、负荷管理、智能化技术应用以及管理优化等维度,提出一系列降低配电网线损的技术措施,旨在为提高电力系统的运行效率与经济效益,促进能源的合理利用提供理论参考与实践指导。

关键词: 配电网线损; 原因; 危害; 措施

引言: 随着社会经济的蓬勃发展,电力需求呈现出持续增长的态势,同时能源结构也在不断优化调整,清洁能源占比逐步提升。在此背景下,配电网线损所带来的危害愈发不容忽视,它不仅关乎电力企业的经济效益,更对能源供应的稳定性和安全性构成威胁,还与节能减排、绿色发展的时代要求背道而驰。因此,深入探究配电网线损相关问题迫在眉睫。

1 配电网线损产生原因

配电网线损的产生是以下多种因素综合作用的结果。(1) 不合理的布局导致线损增加。部分地区配电网规划缺乏前瞻性,供电半径过长,导致电流传输距离增大,根据欧姆定律,线路电阻产生的损耗与线路长度成正比,长距离输电必然造成大量电能传输过程中损耗。配电网线路迂回曲折、节点过多,使得线路总长度增加,进一步加剧了线损问题。电网结构的不合理还表现为电源点分布不均衡,导致部分区域线路负荷过重,而其他区域线路负荷较轻,这种负荷分布不均也会导致线损增加。(2) 设备老化与性能落后。随着电网运行年限的增长,大量变压器、导线等设备逐渐老化。老旧变压器存在空载损耗大、负载损耗高的问题,导致电能传输环节的损耗显著增加。而性能不佳的导线,如截面积过小、材质不佳等,其电阻较大,在传输电流时会产生较大的功率损耗。此外,部分设备长期缺乏维护,存在接触不良等故障,也会增加线路电阻,进而导致线损上升。(3) 在负荷方面,负荷不均衡与无功补偿不足。三相负荷不平衡现象在配电网中较为常见,这会使中性线产生电流,增加线路损耗。大量感性负荷的存在,如电动机、电焊机等,会消耗大量无功功率,导致功率因数降低。为了满足无功功率需求,电网需要从电源侧传输更多的无功电流,从而增加了线路损耗。负荷的峰谷

差异过大,在高峰时段线路电流过大,而低谷时段设备利用率低,也会导致线损增加。(4) 管理层面存在的漏洞。线损管理制度不完善,缺乏有效的监测和考核机制,使得线损管理工作难以落实到位。计量装置的精度不足、故障等问题,会导致计量数据不准确,无法真实反映线损情况,影响线损分析和管理决策^[1]。部分工作人员对线损管理重视程度不够,技术水平有限,不能及时发现和处理线损异常问题,也会导致线损居高不下。

2 配电网线损的危害分析

2.1 对电力企业经济效益的严重影响

配电网线损直接导致电力企业成本增加、利润减少。以一个中等规模的城市供电公司为例,若年供电量为50万千瓦时,线损率每升高1个百分点,就意味着有5000万千瓦时的电量在传输过程中白白损耗。按照平均电价0.5元/千瓦时计算,每年将损失2500万元的电费收入。此外,为弥补线损造成的电量缺口,电力企业需要投入更多资金用于发电、输电和配电设备的建设与维护,增加了固定资产投资和运营成本。过高的线损还会影响电力企业的绩效考核与市场竞争力。在国家“双碳”目标背景下,政府对电力企业的能源利用效率和线损指标考核愈发严格。若企业线损长期居高不下,不仅难以获得政策支持与奖励,还可能面临监管部门的处罚,严重影响企业的声誉和在电力市场中的竞争地位,制约企业的可持续发展。

2.2 对电网安全稳定运行的潜在威胁

配电网线损过高往往伴随着线路电流增大、设备过热等问题,这对电网的安全稳定运行构成极大威胁。当线路损耗过大时,线路电阻产生的热量会使导线温度升高,加速绝缘层老化,降低绝缘性能,增加漏电、短路等故障发生的概率。如在夏季用电高峰时期,由于负荷增加,线损增大,部分地区曾多次出现因线路过热引发

的火灾事故，严重威胁电网安全和居民生命财产安全。线损过高还会导致电网电压质量下降。在线路传输过程中，损耗的电能会转化为电压降，使得末端用户的电压低于额定值。电压不稳定不仅会影响电力设备的正常运行，缩短设备使用寿命，还可能引发大面积停电事故，给社会生产生活带来严重影响。特别是对于一些对电压稳定性要求较高的关键行业，如电子芯片制造、精密仪器加工等，电压波动可能导致产品质量下降，甚至造成设备损坏和生产中断。

2.3 对能源资源利用效率的巨大损耗

配电线损的存在意味着大量的能源在传输环节被浪费，这与我国倡导的节能减排、绿色发展理念背道而驰。目前我国发电能源结构仍以煤炭等化石能源为主，每一度电的产生都伴随着资源消耗和环境污染。配电线损的增加，使得为满足相同的用电需求，需要消耗更多的一次能源进行发电，加剧了能源资源的紧张局面。以火力发电为例，每发一度电大约需要消耗300-400克标准煤，若因线损导致电量浪费，相当于间接消耗了更多的煤炭资源，并增加了二氧化碳、二氧化硫等污染物的排放。随着可再生能源在能源结构中的占比逐渐提高，如太阳能、风能等，线损的存在也降低了这些清洁能源的利用效率，无法充分发挥其节能减排的优势，不利于我国能源结构转型和可持续发展目标的实现。

2.4 对用户供电质量的显著影响

配电线损过高会直接影响用户的供电质量，降低用户用电体验。由于线损导致的电压降低，会使居民家中的电器设备无法正常工作，如灯泡亮度不足、空调启动困难等。对于商业用户，尤其是商场、超市等场所，电压不稳定可能导致照明系统、制冷设备等故障频发，影响正常营业和服务质量。在工业领域，配电线损对用户的影响更为严重。许多工业生产设备对电压稳定性和电能质量要求极高，电压波动和线损引起的电能质量下降，会导致生产设备运行不稳定，产品次品率增加，甚至引发设备故障和生产安全事故^[1]。如纺织行业中，电压波动可能导致纺织机械运转不平稳，造成纱线断裂、织物瑕疵；化工行业中，电能质量问题可能影响化学反应的稳定性，导致产品质量不合格，给企业带来巨大的经济损失。

3 降低配电线损的技术措施

3.1 优化电网结构

配电网结构是否合理直接影响线损高低，优化电网结构是降低线损的基础和关键。通过对电网布局、供电半径、线路路径及运行方式等方面的科学规划与调整，

能够有效减少电能传输过程中的损耗，具体如下：（1）合理规划配电网布局。在城市电网规划中，需结合区域经济发展、人口密度和负荷增长趋势，科学设置变电站和配电线路。采用网格化布局，将负荷均匀分配到各个供电区域，避免局部区域负荷集中。例如，在新建住宅小区密集区域，提前规划多个小型变电站，缩短供电距离，减少线路迂回，降低线损。（2）缩短供电半径。依据相关标准，中压配电线路供电半径一般不宜超过15公里，低压线路不宜超过0.5公里。实际操作中，可通过增设变电站布点或调整现有线路供电范围来实现。对于偏远农村地区，由于负荷分散，可采用小容量、密布点的配电变压器，将供电半径控制在合理范围内，减少电能传输过程中的损耗。（3）优化配电线路路径。在设计配电线路时，应尽量走直线，避免穿越复杂地形和障碍物，减少线路长度。结合地形地貌和交通状况，选择合适的线路架设方式，如在山区采用架空线路，在城市繁华地段采用地下电缆，降低线路电阻和电感，提高电能传输效率。（4）调整电网运行方式。根据负荷变化规律，合理安排变压器的投切和运行台数。在负荷低谷期，停运部分空载损耗较大的变压器；

3.2 设备升级改造

配电设备的性能和状态直接关系到线损高低，具体可从以下变压器、导线、无功补偿装置及监测设备等方面入手：（1）采用节能型变压器。非晶合金变压器相较于传统硅钢变压器，空载损耗可降低70%-80%，负载损耗降低40%-50%。在配电系统中推广应用节能型变压器，尤其是在负荷波动较大的商业区域和农村地区，能有效减少变压器环节的电能损耗。定期对变压器进行维护和检修，确保其处于最佳运行状态。（2）更换新型导线。铝合金芯高导电率铝绞线等新型导线，具有重量轻、导电性能好、耐腐蚀等优点。将老旧的钢芯铝绞线更换为新型导线，可降低线路电阻，减少电能损耗。对于重载线路，可适当增大导线截面，根据经济电流密度选择合适的导线规格，平衡投资成本与线损降低效果。（3）安装无功补偿装置。在配电变压器低压侧和高压侧安装并联电容器组，根据负荷无功需求自动投切。通过无功补偿，减少电网中无功功率的传输，降低线路电流，进而降低线损。对于工业用户，可在其内部配电系统中安装静止无功发生器（SVG），实现动态无功补偿，提高电能质量和降低线损。（4）智能电表与在线监测设备应用。智能电表具备高精度计量、数据实时采集和远程传输功能，能准确计量各节点电量^[3]。在线监测设备可实时监测线路电流、电压、功率因数等参数，通过数据分析

及时发现线损异常点,为线损治理提供精准依据。

3.3 负荷管理

不合理的负荷分布与用电规律会大幅增加电能损耗。通过以下科学的负荷管理手段,能够优化电力资源配置,减少无效损耗。(1)平衡三相负荷。通过定期测量三相电流,调整用户接入线路,使三相负荷尽可能平衡。对于三相四线制低压配电系统,三相负荷不平衡度应控制在15%以内。采用三相负荷自动调节装置,可实时监测和调整三相负荷,降低中性线电流,减少线路损耗。(2)削峰填谷,优化负荷曲线。利用储能系统在负荷低谷期充电,在高峰时段放电,平滑负荷曲线。推广蓄热式电锅炉、冰蓄冷空调等技术,将部分高峰负荷转移至低谷时段。通过优化负荷曲线,降低电网峰谷差,减少高峰时段线路电流,降低线损。(3)推广分时电价与需求侧管理引导用户合理用电。制定峰谷分时电价政策,鼓励用户在低谷时段用电。通过电力需求响应机制,引导工业用户调整生产计划,避开用电高峰。对商业用户和居民用户,通过宣传和推广节能电器,提高用户节能意识,降低整体用电负荷,从而降低线损。

3.4 智能化技术应用

智能化技术应用主要体现在以下方面:(1)配电自动化系统建设。通过安装馈线终端装置(FTU)、配电终端装置(DTU)等设备,实现对配电线路的实时监测、故障定位、隔离和恢复供电。配电自动化系统可根据电网运行状态自动调整运行方式,优化潮流分布,降低线损。提高电网供电可靠性,减少因故障停电导致的电量损失。(2)大数据与人工智能在分析线损中的应用。收集电网运行数据、气象数据、用户用电数据等多源信息,利用大数据分析技术挖掘数据潜在价值。通过人工智能算法建立线损预测模型,提前预测线损变化趋势,为线损治理提供决策支持。利用机器学习算法分析线损异常原因,实现精准降损。(3)物联网技术实现设备状态监测。通过在变压器、断路器、电缆接头等设备上安装传感器,实时监测设备温度、湿度、局部放电等参数,实现设备状态的在线评估和故障预警。

3.5 管理优化

管理优化应采取以下措施:(1)完善线损管理制度。建立健全线损分级管理责任制,明确各部门和人员在降损工作中的职责和权限。制定科学合理的线损考核指标体系,将线损指标与绩效考核挂钩,充分调动员工降损积极性。定期开展线损分析会议,总结降损工作经验,分析存在问题,制定改进措施。(2)加强计量装置管理。定期对计量装置进行校验和维护,采用高精度、高可靠性的计量设备。安装防窃电装置,加强对计量装置的防窃电管理。建立计量装置运行档案,记录计量装置的安装、调试、校验等信息,实现对计量装置全生命周期管理,为线损计算提供准确数据。(3)提升工作人员技术水平与管理意识。定期组织工作人员参加线损管理培训,学习先进的降损技术和管理经验。开展技能竞赛和岗位练兵活动,提高工作人员的业务技能和操作水平^[4]。通过宣传教育,增强工作人员的节能意识和责任意识,形成全员参与降损的良好氛围。

结束语:配电线损问题涉及多个方面,其产生原因复杂多样,对电力企业、电网运行、能源利用以及用户都带来诸多不利影响。通过优化电网结构、升级改造设备、加强负荷管理、应用智能化技术以及优化管理措施等一系列技术手段,能够有效降低配电线损。在实际工作中,应综合考虑各种因素,因地制宜地采取相应措施,持续推进线损管理工作,不断提高电力系统的运行效率和经济效益。

参考文献

- [1]李逸岚,韩钟瑶.配电网线损原因及降损技术措施分析[J].科技创新与应用,2023,13(27):126-128.
- [2]李雪宁.配电线损危害的原因分析及降耗节能措施研究[J].建筑工程技术与设计,2019(34):3347.
- [3]杨凯.配电网线损原因及改进方案研究[J].光源与照明,2024(8):150-152.
- [4]李政,张李萍.电力配电网线损降损技术探讨[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(2):086-089.