

低压台区的线损分析及降损技术措施研究

许静, 席素永, 李灏

(宿迁三新供电服务有限公司, 江苏 宿迁 223800)

摘要 电网线损率直接关系到能源利用效率和经济效益, 尤其是低压台区的线路损耗影响显著。本文通过探讨技术性而非技术性损耗的影响因素, 提出了若干降低线损的技术措施, 包括架空线路改造、电能质量管理和智能电网的应用, 旨在为今后低压台区线损的优化提供策略建议。

关键词 低压台区; 线损分析; 降损技术

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0010-03

在现代社会, 随着工业化和城市化水平的不断提升, 电力作为基础能源的需求日渐增加, 而电力系统的高效运作成为保障社会发展的关键。在这其中, 电力系统中的线损问题尤其显著, 它直接影响到能源的使用效率和经济性。线损主要发生在电力的传输和分配过程中, 尤其是在低压台区, 由于电流强度大、传输距离长等因素, 线损现象更为严重。这不仅造成了大量电能的浪费, 还增加了电力生产和供应的成本, 影响到最终用户的电费支出。因此, 如何有效降低低压台区的线损率, 提高电力传输的效率和经济性, 成为电力系统管理和技术改进中亟须解决的问题。解决这一问题, 不仅能够提升电力系统的能源利用效率, 还有助于促进能源节约和减少环境污染, 具有重要的社会和经济意义。

1 低压台区线损的影响因素分析

在低压台区, 线损率的高低受多种因素的影响, 如线路材质、电网结构、电力设备状况和电力消费行为等。降低线损不仅可以提升能源使用效率, 还能带来经济效益。了解影响线损的关键因素是实施有效管理措施的先决条件。

1. 线路材质与尺寸是影响电阻和线损的直接因素。在相同条件下, 使用电阻率小的导线材料, 可以显著降低由电流通过引起的损耗。此外, 线路截面积越大, 电阻越小, 损失也越小。因此, 合理选择导线材料和截面是减少线损的有效方法之一。

2. 电网结构对线损也有显著影响。一个布局合理、结构紧凑的线网, 有助于减少输电距离和线路损耗。同时, 升级老化电网结构, 使之更适应现代用电需求也是减少损耗的重要途径。例如, 通过增加支路、分散供电点, 优化供电路径, 可以有效降低线损。

3. 电网设备状况同样关系到线损的大小。陈旧或

损坏的变压器及配电设备效率低下, 导致无功损耗增加。适时进行设备维护更新, 是减少这部分损耗的重要措施。使用高效的变压器与设备不但可以降低线损, 还可在一定程度上抵消升级改造的成本。

4. 用户的用电习惯与行为也不容忽视。在用电高峰时段, 用户集中使用大功率电器, 造成电网负荷增加, 这将直接增加线路损耗。通过调节用电行为、鼓励用户错峰用电可以有效分散电网负荷, 降低损耗^[1]。

2 线损分析技术与方法

在探讨低压台区线损管理与优化方案之前, 必须先了解线损的测量技术与方法, 这是降低线损工作的基础。

1. 一种常见的方法是通过嵌入式传感技术进行数据采集。实时监测设备如智能电表可以精准记录电流、电压等参数, 通过这些数据可以计算出实时线损。通过对比不同时间段或不同节点的线损数据, 可以发现可能存在的问题。

2. 电力公司还采用地理信息系统(GIS)和电力线路管理系统(LMS)等高级工具, 这些工具可以实时地监控电力系统的运行状态。GIS能够将线路、设备等电网实体数据与地理位置信息相结合, 便于管理人员分析线损的空间分布特点, 从而进行针对性地线路布局优化与损耗管控。

3. 考虑到电力盗窃也是导致线损增加的重要原因之一, 电力公司采取多种措施强化监控和检测。例如, 通过安装防窃电设备与使用异常用电行为检测系统等, 保护电网资产, 确保电量计量准确无误。

4. 实施远程自动化抄表系统(AMR)与高级测量基础设施(AMI)等技术, 使得用电数据收集更加精确高效, 为减少线损提供了强有力的技术支撑。通过远程监测与控制技术, 运维人员可以迅速定位故障点和异常损

耗点，并及时作出调整和维护^[2]。

3 低压台区降损技术措施

3.1 架空线路改造技术

在面对日益增长的能源需求和追求更环保、高效电力传输体系的今天，架空线路的改造技术不断进步，其中包括使用高性能的导线材料及结合高科技监控手段，以实现电力输送的最优化。

1. 采用高温超导（HTS）导线技术是一种革命性的架空线路改造方案。与传统的铝导线相比，HTS 导线在相同尺寸下可以承载更高的电流密度，大幅减少能量损失。具体来说，HTS 导线的电阻几乎为零，即便在电力负荷高峰时段，也能保持极低的能量损耗。例如，在一项对 HTS 导线应用的案例研究中，HTS 导线输电系统的能量损失仅为经典铝导线系统的 5%，这意味着 HTS 系统可以实现 95% 以上的能量传输效率。

2. 另一项重要的改造技术是采用无人机和人工智能算法进行线路检查与维护。相较于传统的人工巡检方式，这一技术可以大大提高检查的频率和准确性。例如，通过无人机拍摄获取高分辨率影像资料，并利用人工智能算法进行图像分析，可以及时发现线路老化、破损或植被侵袭等问题，准确率高达 98% 以上。比如在某城市的实践中，采用无人机巡检技术后，故障定位时间从平均 24 小时减少到 2 小时以内，极大地提升了电网运维的效率和响应速度。

3. 结合先进的物联网技术和智能监控系统，能实现对电网实时状态的监控和评估。在实际应用中，例如一项涉及 10 公里架空输电线路的改造项目，通过安装具有远程通信功能的智能传感器，实现了对线路温度、湿度、风速等关键参数的实时监测。数据显示，安装智能监控系统后，该线路的运维效率提升了约 30%，同时由于能及时响应和处理潜在风险，该线路的年平均停电时间减少了 40%^[3]。

3.2 电能质量管理

电能质量管理在实现可持续和高效的电网运行中

扮演着关键角色。随着电力市场的日益开放和电力系统的快速发展，对电能的质量要求越来越高。

1. 电能质量问题可以通过多个指标来衡量，包括电压不稳定、频率波动、谐波失真等。在这些问题中，谐波失真是一个特别突出的问题。根据国际电气技术委员会（IEC）的数据显示，谐波失真对工业用户造成的经济损失高达数十亿美元每年。过高的谐波水平不仅会损坏电器设备，还会引起电能表的误读，导致不必要的能源浪费。

2. 为了有效管理电能质量问题，引入谐波滤波器和动态无功补偿（D-VAR）系统成为一种行之有效的解决方案。例如，一项针对制造业企业的案例研究表明，安装有源谐波滤波器后，其谐波失真水平从 15% 降低至标准限值以下的 5%。通过这一改善，该企业的电力系统运行效率提高了约 8%，电气设备的故障率大大降低，年度维护成本节省了约 20%。

3. 采用动态无功补偿系统（D-VAR）有效地提升了电网的电压稳定性和可靠性。一项涉及大型风电场的研究显示，通过安装 D-VAR 系统，风电场的功率因数从 0.85 提升至 0.98，电能质量显著提高。这不仅有助于风电场顺利通过电网接入测试，还使得电网运营商能够节省大量的无功补偿成本。

4. 有效的电能质量管理还依赖于精确且实时的监测技术。随着智能电网技术的发展，引入基于物联网（IoT）的电能质量监测系统，可以实现电能质量指标的实时监测和远程诊断。例如，一项城市电网的改造项目中，通过部署 IoT 设备，实时收集并分析电能质量数据，问题检测的反应时间从数天缩短至几分钟，显著提高了电网的运行效率和服务质量^[4]。

3.3 智能电网技术在降低线损中的应用

随着全球对能源效率的日益重视，智能电网技术在降低线路损耗（线损）中的应用显得尤为重要。

1. 智能电网引入了高级测量基础设施，如智能电表（AMI）、远程信息传输单位（RTU）和高级配网管

表 1 架空线路改造技术措施

改造技术	对比提升	应用案例描述	效率提升数据
高温超导（HTS）导线	和传统铝导线对比，电流密度大，能量损失少	HTS 导线电阻接近零，HTS 输电系统的能量损失仅为铝导线的 5%	能量传输效率可提升至 95% 以上
无人机与 AI 线路检查	与人工巡检相比，检查频率高，准确性强	使用无人机与 AI 分析后，故障定位时间由 24 小时减至 2 小时内，准确率高达 98%	故障响应时间缩短，运维效率大幅提升
物联网与智能监控系统	提高实时监控能力和风险评估效率	通过智能传感器监测关键参数，对 10 公里线路进行改造	运维效率提升 30%，年平均停电时间减少 40%

理系统 (ADMS), 这些技术能够提供电网实时数据的精确监测, 从而识别和分析导致线损的关键原因。例如, 在欧洲的某个国家实施的智能电网试点项目中, 通过采用智能表计系统, 电网公司能够准确追踪用户的电能使用情况, 结果显示线损率从项目实施前的 12% 降低到了 9%, 这项改进为当地电力公司每年节约了数百万美元的成本。

2. 分布式能源资源 (DERs) 的接入也是智能电网技术降低线损的一个重要途径。通过将太阳能、风能等可再生能源以及储能设备等直接接入电网近端, 可以减少电力在长距离输送中的损耗。一项针对美国加州的研究表明, 通过增加分布式发电资源, 该地区的线损率在五年内降低了 3%, 显著提升了整体电能利用效率。

3. 智能电网还推动了对需求侧管理 (DSM) 的发展, 借助于大数据和人工智能技术, 电网操作者可以根据实时的供需情况, 对电网进行更灵活的调控。例如, 在日本某城市的智能电网项目中, 通过实施需求响应 (DR) 程序, 调动用户在高峰时段减少电力使用, 成功降低了电网的载荷, 并间接减少了输电线路的损耗, 线损率有了约 2% 的下降。

三层玻璃窗以及提升墙体和屋顶的保温材料性能, 可使建筑物的热能损失降低 40% ~ 60%。以一个拥有 2 000 平方米屋顶面积的仓库为例, 仅通过改用含有高效保温材料的屋顶, 一年可节省约 5 000 美元的取暖费用。

3. 在电器和设备方面, 高效能产品的使用同样对降低能耗具有重要影响。数据显示, 更换为能效等级高的电器设备, 如替换老旧的冰箱、洗衣机, 平均能比传统产品节能 20% ~ 30%。欧盟委员会的统计资料指出, 如果所有欧盟家庭将冰箱和洗衣机升级为能效标签为 “A+++” 级别的产品, 每年可节省高达 200 亿千瓦时的电能^[5]。

4. 智能控制系统为用户端的节能减损提供了技术支撑。安装智能恒温器和照明控制系统可以根据实时需求调整设备工作状态, 减少能源浪费。据统计, 采用智能恒温器平均能减少 15% 的供暖和制冷能耗, 而智能照明系统可节省高达 35% 的照明能耗。

4 结束语

用户端节能减排对应对能源和气候挑战至关重要, 政府应制定激励政策并推广高效能技术, 企业应加大绿色研发投资。建议普及节能知识, 激发公众参与意识,

表 2 智能电网技术在降低线损中的应用

智能电网技术	对比提升	应用案例描述	线损率提升数据
高级测量基础设施	通过 AMI、RTU、ADMS 实现实时数据监测	欧洲国家先进测量基础设施, 项目前后线损率从 12% 降至 9%	每年节省数百万美元, 线损降低 3%
分布式能源资源接入	减少电力输送距离和损耗	加州通过增加太阳能、风能等接入电网, 五年内线损率下降了 3%	线损率下降了 3%
需求侧管理发展	实时供需调控, 减少高峰时段电网载荷	日本城市通过需求响应程序, 成功降低电网负载, 线损率约降低 2%	线损率约降低 2%

3.4 用户端节能减损措施

面对全球能源危机和环境问题的严峻挑战, 用户端的节能减损措施已成为一项紧迫的任务。

个人用户与企业用户通过采取一系列高效措施, 不仅可以降低能源成本, 还能贡献于整个社会的绿色转型。

1. 用户端节能减损涵盖多个方面, 包括建筑节能、高效电器、智能控制系统以及用户行为的改变等。例如, 建筑领域的节能潜力巨大, 根据美国能源信息署 (EIA) 的数据, 商业和住宅建筑的能耗占美国总能耗的 40%, 采取有效的节能措施将带来显著的能量减损。

2. 提高建筑物的保温性能是一项基本且高效的方法。一项针对欧洲建筑的研究显示, 通过加装双层或

鼓励采用节能产品和实践节能行为。此外, 发展智能控制系统, 提高能源使用效率, 共同推进绿色低碳生活。

参考文献:

- [1] 王雷. 低压台区的线损分析及降损技术措施 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(12): 111-112.
- [2] 向奕同, 黄宇翔, 段锴, 等. 低压台区线损原因分析及降损措施研究 [J]. 电工技术, 2022(13): 17-19, 23.
- [3] 黄琛茹. 低压台区线损异常监测及降损措施分析 [J]. 通信电源技术, 2022, 39(21): 228-230.
- [4] 姜义军. 低压台区线损原因分析及降损措施研究 [J]. 电力设备管理, 2023(06): 20-22.
- [5] 靳文勇. 低压台区的线损分析及降损技术措施 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(08): 163-166.