

配电网线路损耗原因分析及降损措施探讨

李家明

肇庆电力设计院有限公司 广东 肇庆 526000

【摘要】：配电网线路损耗直接影响供电企业经济运行和终端电压质量，低压台区负荷波动、线路老化和计量边界不清会使线损诊断复杂化。本文分析线路阻抗、设备老化、三相不平衡、无功流动、计量管理和外部运行环境对线损形成的作用，梳理分区分压治理、台区负荷平衡、无功优化和计量运维闭环措施。降损工作应把物理损耗模型、台区运行曲线和管理核验链路结合起来，使整改对象从笼统线损率转向具体支路、相别、计量点和责任区段。

【关键词】：配电网；线路损耗；三相不平衡；无功补偿；降损措施

DOI:10.12417/3041-0630.26.12.011

引言

配电网连接变电站、馈线、配电变压器和低压用户，线路长、节点多、负荷分散，电能传输和分配过程中必然产生损耗。线损率偏高时，供电企业不仅承担购售电量差额，还会面对末端电压偏低、设备温升增加和台区评价失真的连锁问题。新能源接入、充电负荷增长和居民用电峰值上移以后，传统按月汇总的线损管理已经难以及时解释支路损耗、相别失衡和计量异常之间的差异。配电网线路损耗原因分析及降损措施探讨，应同时区分技术损耗与管理损耗，把线路阻抗、配变状态、负荷曲线、无功流动、计量采集和运维闭环放入同一诊断框架。

1 配电网线路损耗形成原因分析

1.1 线路阻抗设备老化损耗因素

配电网线路损耗首先来自导线、接点和配电变压器等物理对象的电阻性消耗。10kV 馈线供电半径较长、分支线截面偏小或接户线老化时，支路等效电阻会抬高，负荷电流经过同一通道便产生更高的热损耗^[1]。配电变压器在轻载时仍存在铁损，重载时铜损又随电流上升而增加，长期过载、接线端子发热和绝缘劣化还会把局部温升转化为新的接触电阻，同一线损率背后可能包含支路阻抗、设备状态和末端电压三类对象。配电通道中的损耗位置可见图 1。

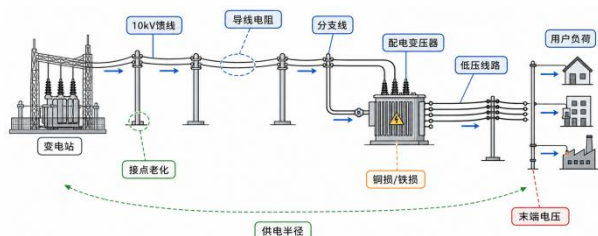


图 1 配电网线路损耗形成因素示意图

图 1 中，导线电阻位于主干馈线，接点老化出现在杆塔连接处，铜损/铁损集中于配电变压器，供电半径拉长后末端电压位置更容易暴露压降和电流抬升问题。

1.2 配电台区负荷波动失衡运行因素

低压台区的负荷结构变化会把原本稳定的线损关系拉成动态波动。居民空调、电采暖、充电负荷和小型动力设备集中接入某一相时，三相电流不再均衡，中性线电流增大，相线局部过载和末端电压偏差随之出现^[2]。分布式光伏、季节性排灌和商业峰时用电还会改变潮流方向与功率因数，台区在低谷轻载和尖峰重载之间切换时，固定补偿装置容易出现欠补偿或过补偿。运行因素的特点是时间性强，同一线路在不同日内时段可能呈现完全不同的损耗贡献，降损诊断还要把相别、时段、功率因数和末端电压放在同一条运行曲线上判断。

1.3 计量管理与外部运行环境因素

管理线损通常不表现为线路发热，却会直接改变线损统计结果。台区户变关系不准确、关口表倍率配置错误、采集终端掉线、表计时钟偏差和用户侧异常接线，都会使供入电量与售出电量无法在同一统计边界内闭合。外部运行环境也会扩大误差，树障、污染、潮湿和杆塔金具锈蚀会增加漏电、闪络和接点发热风险，临时施工迁改又可能造成资料更新滞后。管理与环境因素交织时，线损异常往往先出现在台区日报或月报中，现场并不一定立即出现可见故障。若缺少计量点核验、线路巡视和责任区段划分，技术线损与管理线损会被混在一起处理，整改资源也容易投向损耗贡献较小的环节。这类因素的处置顺序应先锁定计量边界，再回到线路设备核验，避免把采集失败误判为设备高损，也避免把真实漏电或接点发热掩盖在统计差额之中。

2 配电网线路降损措施探讨

2.1 建立线路分区分压精细化治理体系

设置变电站出口、10kV 馈线分段、配变台区和用户表箱四级线损边界，是分区分压降损的首要动作。10kV 主干线、分支线、配变台区和低压接户线承担的损耗机理不同，统一按供电所或行政村考核会掩盖高损支路。治理体系应分别核算供

入电量、售出电量、负荷电流和电压质量^[3]。对供电半径偏长、末端电压长期偏低的线路,优先采用增设布点、调整供电范围、改造导线截面和更换低损耗配变等措施;对环网结构具备条件的区域,可借助开关状态调整使负荷分布更接近经济运行区间。分区分压治理的价值不在于增加统计层级,而在于让每一项整改都能对应具体线路、具体台区和具体损耗来源。对新接入大容量用户或充电设施的区域,分区边界还应随负荷接入点调整,防止原有台区继续承担超出经济半径的末端负荷,并同步校验改造后支路电压和配变负载状态。

2.2 实施台区负荷无功优化降损措施

调整单相大负荷接入相别、转移集中充电负荷并配置分组投切无功补偿,是台区运行降损的直接措施。三相负荷不平衡时,季节性动力负荷和居民峰值负荷应先被识别出来,再采用相位调整、负荷转移和接入点重配降低相线电流差异。无功补偿宜接近负荷中心并具备分组投切能力,轻载时避免电容器长期过补偿,重载时保持功率因数和电压水平处于合理区间^[4]。分相调节曲线低于固定补偿曲线,说明单纯安装补偿装置并不能覆盖所有线损场景,只有把相别负荷、无功应求和台区时段负荷结合起来,才能减少无功电流在低压线路中的往返流动。交直流混合台区和分布式电源接入场景还应关注自平衡率,局部发用电若能够在台区内部消纳,主干线电流和上级网络损耗也会随之下降。三相不平衡与补偿方式的相对关系见图2。

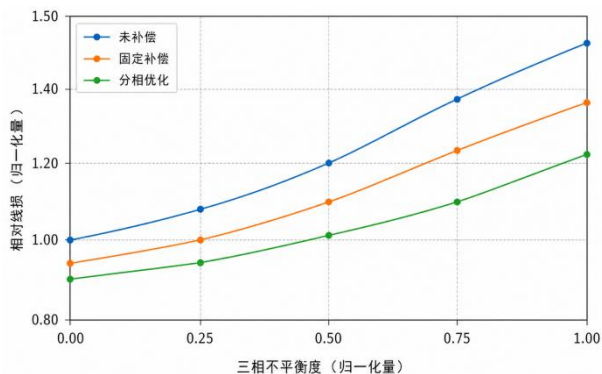


图2 台区失衡与无功补偿下的相对线损响应图

图2中,未补偿曲线随三相不平衡度上升最快,固定补偿曲线位置居中,分相优化曲线在同一横轴位置保持较低相对线损,说明负荷平衡与就地无功控制需要同时进入台区降损。

参考文献:

- [1] 张琴.配电网线路损耗分析与降损措施探讨[J].新疆钢铁,2025,(2):44-46.
- [2] 徐方路,胡淼.低压台区三相不平衡对线路损耗的影响及调整措施[J].光源与照明,2026,(4):230-232.
- [3] 范志文.小型台区配电线路损耗影响因素及降损措施[J].中国轮胎资源综合利用,2026,(2):175-177.
- [4] 孙丽敬,徐旖旎,王耀萱,等.计及自平衡率和线路损耗的交直流混合台区互联系统自治运行策略[J].供用电,2026,43(2):73-83.

2.3 强化计量管理与运维支撑

设置关口表倍率核对、户变关系修正、冻结周期统一和现场核查工单,是计量运维支撑降损的直接动作。台区线损计算前应对关口表、用户表和采集终端的户变关系、倍率、时钟和冻结周期,采集缺口较大的台区不宜直接纳入同口径排名。异常筛查可按突增、持续偏高、负值和季节性反转分组,再匹配停电记录、用户新增容量、光伏并网、设备更换和临时负荷信息,减少误判。现场核查围绕表箱封印、互感器接线、接户线破损、树障通道和低压分支接点开展;计量运维关系图把数据采集、线损计算、异常诊断和现场整改列为单向支撑链,倍率核对、户变关系、冻结周期、接线检查和责任区段分别嵌入对应层级,使技术改造效果能够被准确呈现。计量运维的层级支撑关系见图3。

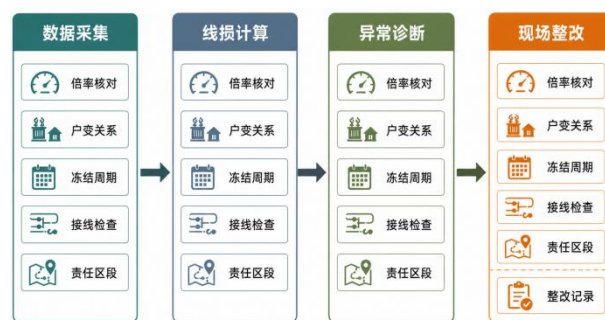


图3 计量运维支撑降损关系图

图3把数据采集、线损计算、异常诊断和现场整改列为单向支撑链,倍率核对、户变关系、冻结周期、接线检查和责任区段分别嵌入对应层级。计量管理稳定后,技术改造的效果才能被准确呈现,管理线损也不会继续干扰配电网线路降损评价。

3 结语

配电网线路损耗的形成并非单一设备或单一管理环节造成,线路阻抗、配变损耗、负荷波动、三相不平衡、无功流动、计量误差和外部环境会在不同电压层级交叉作用。降损措施应先建立分区分压边界,再按支路、台区和用户侧负荷识别主要损耗来源;技术侧借助短半径、低损耗设备、负荷平衡和无功优化降低电流与电阻耦合损耗,管理侧借助计量校验、异常筛查和现场整改压缩统计偏差。持续降损的关键是让线损计算、运行调整和缺陷治理形成同一闭环,使每一次指标变化都能追溯到具体对象和处理结果。