

大数据分析在配电网线损系统支持中的应用与优化

谢治飞 邬建丽

鄂尔多斯供电公司鄂托克前旗供电分公司

DOI:10.12238/etd.v6i10.17193

[摘要] 配电网线损是衡量电力系统运行效率的核心指标,线损过高会造成严重的能源浪费与经济损失。传统线损管理依赖经验计算与人工排查,难以应对配电网结构复杂、数据海量的现状。本文聚焦大数据分析在配电网线损系统中的应用价值,先梳理线损基础理论与大数据技术特性,再深入探讨其在线损计算模型优化、异常检测等场景的应用实践。基于此,构建数据驱动的一线损管理框架,从设备、运行、管理三个维度提出具体优化措施。研究旨在通过大数据技术破解传统线损管理难题,为提升配电网线损管理精度、降低线损率提供技术支撑与实践路径,助力电力系统实现高效节能运行。

[关键词] 大数据分析; 配电网; 线损管理

中图分类号: TM744 **文献标识码:** A

Application and Optimization of Big Data Analysis in Supporting Distribution Network Line Loss Systems

Zhifei Xie Jianli Wu

Otog Front Banner Power Supply Branch, Ordos Power Supply Company

[Abstract] Distribution network line loss serves as a critical indicator for measuring the operational efficiency of power systems. Excessive line loss results in significant energy waste and economic losses. Traditional line loss management, which relies on empirical calculations and manual inspections, struggles to cope with the complex structure of distribution networks and the vast volume of data involved. This study focuses on the application value of big data analysis in distribution network line loss systems. It begins by outlining the fundamental theories of line loss and the characteristics of big data technologies, then delves into their practical applications in scenarios such as line loss calculation model optimization and anomaly detection. Based on this, a data-driven line loss management framework is constructed, and specific optimization measures are proposed from three dimensions: equipment, operation, and management. The research aims to address the challenges of traditional line loss management through big data technologies, providing technical support and practical pathways for improving the accuracy of distribution network line loss management and reducing line loss rates, thereby facilitating the efficient and energy-saving operation of power systems.

[Key words] Big Data Analysis; Distribution Network; Line Loss Management

引言

配电网作为电力系统连接用户的关键环节,其线损情况直接反映电力传输与管理水平。随着我国配电网规模不断扩大,分布式电源接入增多,用户用电负荷波动加剧,线损影响因素愈发复杂,传统管理模式已凸显数据处理滞后、异常识别不准等问题。大数据技术以海量数据处理、深度挖掘分析的优势,为线损管理提供了新的解决方案。提升配电网线损管理水平,不仅能减少能源损耗、降低供电成本,也是实现“双碳”目标的重要举措。因此,系统研究大数据分析在配电网线损系统中的应用与优化,挖掘数据价值以提升线损管理效能,具有重要的理论意义与现

实价值。

1 配电网线损分析基础理论

1.1 线损定义

配电网线损指电力在配电网传输、分配过程中,因电力设备损耗与线路损耗产生的电量损失,是电力从变电站出线端输送至用户电表端的电量差值,通常以线损率(线损电量与供电量的百分比)作为量化指标。线损分为技术线损与管理线损两类,技术线损由配电网固有属性决定,包括线路电阻产生的有功损耗、变压器铁损与铜损、绝缘子泄漏损耗等,可通过技术升级降低;管理线损则由人为因素导致,如计量装置误差、窃电行为、抄表

数据不准等,需通过强化管理措施管控。线损率是电力企业核心考核指标,其高低直接体现配电网规划设计、设备性能、运行水平与管理质量,精准管控线损是电力系统节能增效的关键抓手。

1.2 传统线损计算方法

传统配电网线损计算方法主要包括理论算法、统计分析法、类比法与经验估算法,各方法存在明显局限。理论算法基于电路理论,通过建立配电网数学模型,结合设备参数与负荷数据计算线损,虽精度较高,但需完整的电网参数与负荷数据,计算过程复杂,难以适应配电网结构动态变化的现状。统计分析法利用供电量与售电量的差值计算线损,操作简单但无法反映线损分布规律,难以定位具体损耗点。类比法参考同类配电网线损数据估算,适用于新建电网初期,但受电网差异性影响大,误差较高。经验估算法依赖工作人员经验判断,主观性强,精度最低,仅适用于小型简单配电网^[1]。这些方法普遍存在数据处理能力弱、动态适应性差的问题,难以满足复杂配电网的线损计算需求。

1.3 大数据技术概述

大数据技术是针对海量、高维、异构、低价值密度数据进行采集、存储、处理与分析的技术体系,核心特性表现为海量(Volume)、高速(Velocity)、多样(Variety)、低价值密度(Value)与真实性(Veracity)。在配电网场景中,大数据技术可整合电网设备参数、实时负荷数据、气象数据、用户用电数据等多源信息,通过分布式存储技术(如Hadoop)实现海量数据高效存储,借助数据挖掘算法(如决策树、神经网络)与实时计算框架(如Spark)挖掘数据隐藏价值。与传统数据处理技术相比,大数据技术突破了数据处理规模与速度的限制,能实现多源数据融合分析与动态实时计算,为配电网线损管理提供精准、高效的技术支撑,推动线损管理从“经验驱动”向“数据驱动”转型。

2 大数据分析在配电网线损中的应用场景

2.1 线损计算模型优化

大数据分析通过多源数据融合与算法优化,显著提升配电网线损计算的精度与效率。传统线损计算依赖单一负荷数据与固定参数,忽略气象、负荷波动等动态因素,而大数据技术可整合配电网设备台账、实时负荷曲线、气象数据、用户用电特征等多维度数据,构建动态线损计算模型。采用机器学习算法(如随机森林、梯度提升树)训练模型,将历史线损数据与多源影响因素进行关联分析,实现线损的动态预测与精准计算。例如,通过实时采集线路电流、电压数据与环境温度数据,模型可动态修正电阻损耗计算参数;结合用户用电时段特征,精准核算不同时段的线损分布。这种基于大数据的计算模型能适应配电网动态变化,计算误差较传统方法降低30%以上,为线损管理提供精准数据支撑。

2.2 异常线损检测与定位

异常线损是配电网线损管理的重点管控对象,大数据分析通过数据异常识别与空间定位技术,实现异常线损的快速发现与精准定位。基于大数据平台构建异常线损检测模型,首先利用

聚类算法对历史线损数据进行分析,确定正常线损的阈值范围与变化规律;然后实时采集配电网运行数据,与正常阈值进行对比,当线损数据超出阈值或出现异常波动时,模型立即触发预警。针对预警的异常线损,结合地理信息系统(GIS)与配电网拓扑结构数据,通过图计算算法分析异常数据对应的线路区段、设备节点与用户范围,精准定位异常点^[2]。例如,当某一线路区段线损率突增时,系统可通过分析该区段用户用电数据、计量装置状态数据,快速判断是窃电行为、计量故障还是设备损耗异常,为现场排查提供明确指引,将异常处理时间从传统的数天缩短至数小时。

2.3 线损影响因素分析

配电网线损受设备、负荷、环境等多因素综合影响,大数据分析通过多维度数据关联挖掘,明确各因素对线损的影响程度与作用机制。从设备维度,整合变压器、线路等设备的运行年限、性能参数、检修记录等数据,分析设备老化、参数不匹配等问题与线损的关联关系,识别高损耗设备;从负荷维度,通过用户用电数据挖掘负荷波动规律,分析峰谷负荷差、三相负荷不平衡等因素对线损的影响,如三相负荷不平衡度每增加10%,线损率可上升2%-3%;从环境维度,关联气象数据(温度、湿度、风速)与地理数据(海拔、线路走向),分析极端天气、地理环境对线路电阻与设备损耗的影响。通过大数据分析构建线损影响因素权重模型,量化各因素的影响系数,为线损优化提供针对性方向,避免优化工作盲目开展。

2.4 可视化与决策支持

大数据可视化技术将复杂的线损数据转化为直观的图表与地图,为线损管理决策提供高效支撑。基于大数据平台构建线损可视化决策系统,整合配电网拓扑结构、实时线损数据、异常预警信息等内容,通过GIS地图直观展示各线路区段、台区的线损率分布情况,用不同颜色标注线损等级,实现线损状况的“一图掌控”。系统支持多维度数据钻取分析,管理人员可从区域线损数据下钻至具体线路、设备甚至用户的线损详情,深入挖掘线损问题根源。同时,结合历史数据与预测模型,生成线损趋势分析图表,为配电网规划、设备升级、负荷调度等决策提供数据支撑。例如,通过线损趋势预测,可提前规划高损耗线路的改造时间;基于线损分布热力图,合理调整配电网供电半径,提升决策的科学性与前瞻性。

3 大数据分析支持下的线损优化策略

3.1 数据驱动的一线损管理框架

基于大数据分析构建“数据采集-处理分析-决策执行-反馈优化”的全流程线损管理框架,实现线损管理的闭环管控。在数据采集层,通过智能电表、传感器、智慧终端等终端设备,实时采集配电网设备参数、运行数据、用户用电数据等多源信息,借助5G、物联网技术实现数据高速传输;数据处理层利用分布式存储与清洗技术,去除数据噪声与冗余,通过数据融合技术整合多源数据,形成标准化线损数据库;分析应用层依托大数据挖掘与机器学习算法,开展线损计算、异常检测、因素分析等工作,

生成线损分析报告与优化建议;决策执行层将分析结果转化为具体优化措施,下达至设备运维、调度管理等部门;反馈优化层通过实时监测优化措施实施后的线损数据,评估优化效果,动态调整分析模型与优化策略,形成持续改进的闭环管理机制,确保线损管理水平稳步提升^[3]。

3.2 优化措施

3.2.1 设备优化

以大数据分析为支撑,开展精准化设备优化改造是降低配电网技术线损的核心路径。通过整合设备运行监测系统、历史损耗数据库等数据源,大数据算法可精准识别高损耗设备,结合设备运行年限、损耗率、维护成本等维度构建评估模型,为每台设备生成“健康指数”。对于老化严重、损耗超标的变压器,优先更换为非晶合金等高效节能变压器,其铁损较传统硅钢片变压器降低70%以上,空载损耗可减少50%-80%;针对高电阻线路,采用铜芯电缆或铝合金电缆替代铝芯电缆,导电率提升30%-40%,同时通过优化线路路径缩短供电半径,减少线路电阻损耗。利用大数据模拟平台对不同设备组合进行线损仿真,例如在负荷密集区域增设配电变压器时,通过模拟不同容量、位置的变压器对线损的影响,选择最优布局方案;对三相负荷不平衡台区,通过实时监测各相电流数据,定位不平衡节点,更换为可调容变压器或安装三相平衡装置,将不平衡度从15%-20%降至5%以内,减少因负荷不均导致的额外损耗。同时,基于设备运行数据与损耗规律,制定差异化检修计划,例如对高频使用的设备缩短检修周期,对低频设备延长周期,避免过度检修或漏检,延长设备使用寿命,提升整体运行效率。

3.2.2 运行优化

依托大数据分析实现配电网运行状态的动态优化,是提升电网运行效率、降低线损的关键手段。基于实时负荷数据与线损分析结果,构建负荷预测-调度优化闭环系统:通过LSTM神经网络等算法,结合历史负荷、气象、节假日等因素,精准预测短期(小时级)与中长期(日/周级)负荷变化趋势,为调度提供数据支撑;根据预测结果,动态调整变压器分接头位置,优化电容器投切策略,实现无功功率的就地补偿,将功率因数从0.85提升至0.95以上,减少无功电流在线路中的流动导致的损耗。针对分布式电源(如光伏、风电)接入带来的线损波动,利用大数据平台实时监测电源出力与配电网潮流分布,通过优化算法动态调整电源出力分配与上网功率,避免因潮流反向或过载导致的线损增

加。此外,通过大数据整合各线路、台区的线损与负荷数据,构建负荷均衡分配模型:例如将重载线路(负荷率超过80%)的部分负荷转移至轻载线路(负荷率低于50%),降低线路过载损耗;利用大数据分析制定最优停电检修计划,结合负荷低谷时段(如夜间)安排检修,缩短停电时间,减少因检修导致的线损异常。通过多维度运行优化,实现配电网在不同工况下的经济运行,线损率可降低5%-10%。

3.2.3 管理优化

以大数据技术为抓手,强化配电网线损管理措施,降低管理线损。构建基于大数据的智能计量与稽查体系,通过智能电表实时采集用户用电数据,与大数据分析模型预测的用电负荷进行对比,快速识别窃电、计量装置故障等问题,自动生成稽查工单,提升反窃查违效率^[4]。建立线损管理绩效考核系统,将线损指标细化至各部门、各台区责任人,通过大数据平台实时监测指标完成情况,生成绩效考核报告,将考核结果与薪酬挂钩,激发员工线损管理积极性。利用大数据技术优化抄表管理,实现抄表数据的自动采集与实时上传,避免人工抄表导致的漏抄、错抄问题,确保供电量与售电量数据精准匹配。搭建线损管理信息共享平台,实现各部门数据互联互通,打破信息壁垒,提升线损管理协同效率,形成全员参与、全程管控的线损管理格局。

4 结束语

大数据分析为破解配电网线损管理难题提供了全新技术路径,其在计算模型优化、异常检测等场景的应用,显著提升了线损管理的精准度与效率。未来,需进一步加强大数据与人工智能、数字孪生等技术的融合应用,构建更精准的线损预测与优化模型。电力企业应重视大数据技术研发与应用,完善数据管理体系,以数据价值挖掘推动线损管理提质增效,为构建高效、节能、可靠的现代配电网提供有力支撑,助力能源行业绿色低碳发展。

[参考文献]

- [1]何炜斌,陈伟超.大数据分析在配电网线损管理中的应用[J].中华纸业,2024,45(5):88-90.
- [2]王坚,刘畅,张忠静,等.基于大数据挖掘的配电网低电压台区线损诊断[J].自动化技术与应用,2023(12):124-127,149.
- [3]郑隽杰,钱程,曹腾飞.基于大数据的配电网线损分析[J].光源与照明,2021(07):121-122+146.
- [4]陈万意,孙金明,殷俊等.基于电网智能化的中低压线损管理研究[J].江西电力职业技术学院学报,2021,34(12):3-4.