

江西电网数字化降线损的技术路径与实践成效

匡先进, 张良星

(国网江西省电力有限公司吉安供电分公司, 江西 吉安 343009)

摘要:线损率是衡量电网运营效率的核心指标,数字化技术为线损治理提供了精准化、智能化解决方案。对于供电企业而言,控制线损可起到降低输配电成本的效果,间接提高供电公司的经济效益。文中以江西电网为研究对象,系统梳理数字化降线损的技术架构与管理模式创新。通过分析智能监测系统、5G+物联网感知网络、大数据与人工智能决策平台的应用实践,结合全层级管理体系与跨部门协同机制的构建,揭示数字化技术在台区线损精准定位、设备状态预警、窃电行为识别等场景的降损效能。研究表明,江西电网通过数字化转型,综合线损率较传统模式降低1.5~2个百分点,年节约电量超10亿kWh,为新型电力系统下的线损治理提供了可推广的实践经验。

关键词:江西电网;数字化;线损管理;智能监测;人工智能

中图分类号:TM 71 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2025)05-0061-02

0 引言

线损是电力从生产到消费过程中不可避免的能量损耗,其高低直接反映电网规划合理性、设备健康状态与管理精细化水平^[1]。随着新能源渗透率提升与用电负荷多元化,传统依赖人工巡检、事后分析的线损管理模式已难以适应复杂电网的治理需求。国家电网公司提出“数字新基建”战略,明确要求以数字化技术推动线损管理从“被动应对”向“主动防控”转型。

江西作为华东地区重要的能源枢纽,近年来加快了电网数字化改造,2025年已实现全省10 kV及以上线路智能监测覆盖率100%、配电台区物联网终端部署率100%的目标。文中基于江西电网的实践案例,从技术应用、管理创新、成效评估三个维度,剖析数字化降线损的实现路径,为同类地区电网转型提供参考。

1 江西电网数字化降线损的技术架构

1.1 智能监测与实时感知系统

江西电网构建了“终端-边缘-云端”三级监测体系,如图1所示。在配电台区部署智能电表、负荷开

关、温度传感器等终端设备,实时采集电压、电流、功率因数等20余项参数;通过边缘计算节点,对数据进行本地化预处理,过滤无效信息并压缩传输量,最终汇聚至省级云平台实现全局监测。例如,某供电公司研发的“实时线损自动监测工具”,将传统“T-2”模式(数据延迟2天)升级为“T+0”实时分析,线损异常响应时间从48 h缩短至15 min。

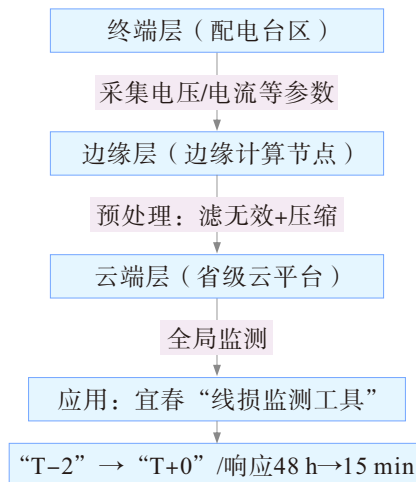


图1 “终端-边缘-云端”三级监测体系

1.2 5G+物联网的泛在连接

依托江西移动建设的电力专用5G网络,实现配电终端、巡检机器人、无人机的毫秒级通信^[2],通过

收稿日期:2025-08-10

作者简介:匡先进(1978),男,本科,高级工程师,从事供用电专业管理工作。

5G LAN技术构建虚拟专用局域网,保障计量数据传输的安全性与确定性。在赣南山区,采用“5G+北斗”双模定位,解决偏远台区信号覆盖弱问题,线损数据采集完整率从82%提升至99.7%。

1.3 大数据与人工智能决策支持

基于电网10年历史运行数据(含气象、负荷、设备参数等),构建线损预测与诊断模型。采用随机森林算法识别高损台区特征,对于台区特征数据集,每个节点的不纯度用 Gini 系数衡量 $Gini(D) = 1 - \sum_{k=1}^K P_k^2$, t 为决策树中的一个节点, $k=1$ 代表“高损台区”, $k=2$ 代表“正常台区”; P_{ik} 为节点 t 中第 k 类样本的占比(如高损台区在该节点的比例),特征分裂时选择使子节点总 Gini 系数最小的特征(如台区的用户数、负荷率等) $Gini_{split} = \frac{n_L}{n} \cdot Gini(t_L) + \frac{n_R}{n} \cdot Gini(t_R)$ 。假设有 M 棵决策树,第 m 棵树对台区 x 的预测结果为 $h_m(x)$ (1 =高损, 0 =正常),最终预测结果为 $H(x) = \arg \max_{c \in \{0,1\}} \sum_{m=1}^M I(h_m(x) = c)$, I 为指示函数。若 $h_m(x) = c$, 则取 1 , 否则取 0 。最终选择得票最多的类别 C 作为台区的预测结果(高损或正常),准确率 92%;由于配电网的网络损耗具有规律性和反复性^[3],通过 LSTM 神经网络预测线损趋势,短期误差控制在 3% 以内。在反窃电场景中,利用异常用电行为识别模型,2025 年累计查处窃电案件 327 起,追补电量 1.2 亿 kWh。

2 数字化线损管理模式创新

2.1 全层级责任体系构建

建立“省公司-地市公司-县公司-供电所-四主人”五级数字化管理链条,以数字化平台为支撑,通过“指标分解、数据互通、责任绑定”,将线损管理目标贯穿至每一个执行环节,形成“省公司统筹、地市公司推进、县公司落实、供电所执行、四主人落地”的分级管控体系,将线损指标分解至具体岗位。依托五级数字化管理链条的协同优势,通过“日线损监控六步法”(数据校验-异常筛选-原因分析-派单处理-闭环验证-考核追溯),实现线损治理从“数据发现”到“考核追溯”的全流程线上化,每一步均与数字化平台深度绑定,确保流程规范、效率提升。例如,某供电公司通过该机制,

将台区线损异常处理周期从 7 天压缩至 2 天。

2.2 跨部门协同机制

设立数字化线损治理专班,整合规划、运检、营销、信通、调度等部门数据资源。在电网规划阶段,利用线损模拟仿真系统优化线路路径,减少迂回供电;在营配融合环节,降低线路打包率,推动营销生产联动,从线路打包解包、负荷切改到图模异动实现联动,将所有流程影响压降至 2 个工作日^[4];在运维环节,结合设备状态评价数据制定检修计划,2025 年全省变压器过载运行时长同比下降 40%。

2.3 用户侧协同降损

通过“网上国网”APP 向用户推送用电能效分析报告,引导工业用户调整生产班次以降低峰谷负荷差;推广智能有序充电技术,2025 年江西电动汽车无序充电导致的台区线损增幅较 2023 年下降 65%。

3 实践成效与数据分析

3.1 线损率显著下降

如图 2 所示,2025 年,江西电网综合线损率降至 3.82%,较 2020 年(5.57%)下降 1.75 个百分点,其中 10 kV 及以下配电网线损率从 5.21% 降至 3.12%。赣州、吉安等地区,高损台区数量同比减少 68%。



图2 2020-2025年江西电网综合线损率趋势图

3.2 经济效益提升

按 2025 年江西全社会用电量 1800 亿 kWh 计算,线损率每降低 0.1 个百分点可节约电量 1.8 亿 kWh,对应减少标准煤消耗 5.4 万 t 碳排放 13.5 万 t。数字化改造累计带动电网运维成本下降 23%,年节约支出超 8 亿元。

(下转第 84 页)

匝间避免交叉,用白纱带固定住线匝,防止线匝松散。

4) 临时线圈首端施加额定频率 50 Hz,单相电压 7 500 V,记录平均值电压和有效值电压、空载电流和空载损耗。

5) 记录铁芯温升分部、温度变化情况,尤其是受损区域。

6) 主变长时间空载试验:

(1) 对变压器施加 1.1 倍额定电压,开启正常运行时的全部油泵;

(2) 运行 12 h 后,测量 100% 和 110% 额定电压下的空载损耗;

(3) 实测值应与初试值基本相同。

7) 试验前后进行油中气体色谱分析,总烃含量应无明显变化并无乙炔。

半成品试验项目合格后,铁芯更换完成,后续进行器身装配,装配完成后移到干燥罐,汽相干燥,抽真空,真空注油,热油循环,静放,密封实验,出厂试验。之后,该变压器出厂试验项目一次通过率 100%,顺利完成了变压器铁芯修复,同时制造厂提供该主变的延期质保。

4 结语

文中对一起 500 kV 变压器铁芯修复全过程进行了介绍,从解体检查到理论计算、软件仿真,详细分析了铁芯受损程度,制定了行之有效的修复方案。变压器铁芯得到有效修复,一次性通过了出厂试验,外形及性能参数均满足运行条件,顺利投运,该方案可为今后变压器铁芯损坏修复提供参考。

参考文献:

[1] 张植保.变压器原理与应用[M].北京:化学工业出版社,2009.
[2] 张艳丽,李强,王洋洋,等.谐波磁场下硅钢片磁致伸缩特性分析[J].电工技术学报.2015,30(14):545-550.
[3] 赵志刚,程志光,刘福贵,等.基于漏磁补偿的变压器结构件损耗与磁通分布研究[J].高电压技术.2014,40(06):1666-1674.
[4] 朱天佑,陈伟,王耀强,等.变压器铁心模态仿真分析及试验模态研究[J].变压器.2019,56(12):50-54.
[5] 傅志强,郭俊诚,赵江勇,等.冷轧硅钢片磁性能测量因素的分析[J].特殊钢.2011,32(01):64-66.

(上接第 62 页)

3.3 管理效率优化

通过 RPA 机器人流程自动化技术的基本原理和用途,分析电网企业线损管理的现状,对线损异常自动计算,实现基层减负增效^[5]。线损分析人员工作量减少 60%,台区线损核查覆盖率从 60% 提升至 100%。设备故障预警准确率达 89%,非计划停电时长同比减少 27%。

4 结语

江西电网的实践表明,数字化技术通过提升感知精度、优化决策效率、创新管理模式,显著提升了线损治理水平。未来需进一步突破三个方向:一是构建“源网荷储”协同的线损优化模型,适应高比例新能源接入;二是加强数据安全防护,完善电力数据脱敏与加密技术;三是培育复合型人才队伍,强化数字化工具应用能力。

随着“双碳”目标推进,数字化降线损将成为新型电力系统高效运行的核心支撑,江西的经验可为全国电网转型提供重要参考。

参考文献:

[1] 刘智安,谢慧琳.供电公司线损管理中的智能化技术应用研究[J].电气技术与经济,2024(09):132-134.
[2] 姚维兵,吴锡杰,贺毅,等.高端装备中的毫秒级高实时控制系统 5G 通信网络拓扑研究与应用[J].自动化博览,2024,41(05):68-74.
[3] 王娅双.基于 LSTM 算法的配电网线损计算[J].电气开关,2022,60(01):35-37.
[4] 马新华,张翠,邹兆慧,等.强基础优协同提技能促进线损管理提升[J].大众用电,2025,40(02):68-69.
[5] 李斯泳.基于 RPA 技术的线损管理工具的研发[J].电工技术,2024(增刊 2):487-488,491.