

# 电力系统 10kV 电网规划设计问题分析

任蒙蒙 马凡琳 韩 敏

国网甘肃省电力公司平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

**摘要:** 随着城市化进程的加速与用电需求的持续增长, 电力系统10kV电网规划设计的重要性愈发凸显。然而, 在实际规划设计中, 面临着诸多问题。如负荷预测不准确导致电网容量配置不合理, 线路走廊资源紧张影响布局规划, 设备选型难以兼顾经济性与可靠性, 以及新能源接入带来的电压波动和谐波干扰等。深入剖析这些问题并探寻有效解决策略, 对提升10kV电网规划质量意义重大。

**关键词:** 电力系统; 10kV电网; 规划设计问题

引言: 在当今社会, 电力作为推动经济发展与保障民生的重要能源, 其供应的稳定性和可靠性至关重要。10kV电网作为电力系统的重要组成部分, 直接面向广大用户, 承担着电能分配与传输的关键任务。科学合理的10kV电网规划设计, 是确保电网安全、经济运行的基础。但当前10kV电网规划设计受多种因素影响, 存在诸多问题, 深入分析这些问题, 对优化电网结构、提升供电质量具有紧迫的现实意义。

## 1 电力系统10kV电网规划设计基础理论

### 1.1 10kV电网的组成与功能

(1) 一次设备: 作为电网电能传输与分配的核心载体, 线路多采用架空绝缘线或电缆, 需结合区域负荷特性与地理环境选择, 如城区优先选用电缆以减少占地与环境影响; 变压器以配电变压器为主, 容量需根据用户负荷计算确定, 常见10kV/0.4kV变比, 保障低压侧居民与工商业用电; 开关设备包含断路器、隔离开关等, 断路器具备短路保护与正常分合闸功能, 隔离开关主要用于检修时形成明显断开点, 确保运维安全。(2) 二次系统: 承担电网运行监控与故障处置职责, 继电保护系统需配置过流保护、速断保护等, 实现故障快速切除, 避免事故扩大; 自动化控制涵盖远程监控、自动重合闸等功能, 远程监控可实时采集设备运行参数(如电流、电压), 自动重合闸能在瞬时故障消除后恢复供电, 提升供电连续性。

### 1.2 规划设计原则与标准

(1) 核心原则: 安全性需满足设备绝缘等级与短路电流耐受要求, 避免设备烧毁或人身事故; 可靠性通过网络结构优化(如环网、双回路)实现, 保障用户平均停电时间符合规范; 经济性需平衡初期投资与长期运维成本, 避免过度设计或设备冗余; 环保性要求设备选型符合节能减排标准, 如选用低损耗变压器, 线路路径避

开生态敏感区<sup>[1]</sup>。(2) 规范依据: 需严格遵循国家及行业标准, 如GB/T50293-2014《城市电力规划规范》明确电网布局要求, DL/T5210.6-2018《电力建设施工质量验收规程第6部分: 调整试验》规范设备调试标准, 确保规划设计合规性与科学性。

### 1.3 关键技术指标

(1) 负荷密度: 指单位面积用电负荷, 城区一般为20-50MW/km<sup>2</sup>, 农村地区2-10MW/km<sup>2</sup>, 是确定变电站布点与线路容量的关键依据。(2) 供电半径: 架空线路通常不超过5km, 电缆线路不超过3km, 超出会导致电压降过大, 影响供电质量。(3) 线损率: 配电网综合线损率应控制在5%以内, 通过选用低电阻导线、优化网络结构降低损耗。(4) 电压合格率: 10kV侧电压允许偏差±7%, 低压侧±5%, 需通过调压装置(如无功补偿设备)确保合格率不低于98%。

## 2 电力系统10kV电网规划设计中的核心问题分析

### 2.1 负荷预测偏差问题

(1) 预测方法局限性: 传统统计法依赖历史负荷数据的线性extrapolation, 仅考虑人口、经济等单一因素, 无法捕捉用电行为的非线性变化, 当区域产业结构调整或用电模式转变时, 预测偏差显著增大; 而大数据预测虽能整合多维度数据, 但对数据质量与算法模型依赖性强, 若数据采集不全面或模型参数设置不合理, 仍难以精准反映负荷变化趋势, 两种方法均存在各自的应用短板。(2) 分布式电源接入对负荷特性的影响: 分布式光伏、风电的接入使电网从“单向供电”转向“源荷互动”模式, 用户侧既可能是负荷也可能是电源, 导致传统“负荷=用电量”的定义失效; 同时, 分布式电源出力受自然条件影响, 会使区域负荷曲线出现“峰谷倒置”现象, 打破原有负荷变化规律, 进一步加剧负荷预测的不确定性。

### 2.2 网架结构不合理问题

(1) 环网与辐射网结构的适用性分析: 辐射网结构简单、建设成本低, 但故障时只能通过上级电源倒闸供电, 供电恢复时间长, 仅适用于负荷密度低、可靠性要求不高的区域; 环网结构虽能实现故障区段隔离与负荷转供, 提升供电可靠性, 但对线路分段、开关配置要求高, 若在负荷分散的农村地区盲目采用, 会增加投资成本与运维复杂度, 存在结构选型与区域需求不匹配的问题<sup>[2]</sup>。(2) 线路分段不合理导致的供电可靠性下降: 线路分段过多会增加开关设备数量, 不仅提高建设成本, 还可能因设备节点增多增加故障风险; 分段过少则会导致故障影响范围扩大, 当某一区段故障时, 需停电检修的用户数量增多, 无法实现“小范围停电、快速恢复”的目标, 直接降低供电可靠性。

### 2.3 设备选型与布局问题

(1) 变压器容量与线路截面的匹配性: 若变压器容量过大而线路截面偏小, 会导致线路载流量不足, 出现“大马拉小车”现象, 造成设备资源浪费的同时, 线路易因过载引发故障; 反之, 变压器容量偏小而线路截面偏大, 会使变压器长期处于满负荷或过载运行状态, 缩短设备寿命, 且无法满足未来负荷增长需求, 两者匹配失衡会影响电网整体运行效率。(2) 开关设备配置不足或冗余: 开关设备配置不足会导致故障时无法快速隔离故障区段, 延长停电时间; 配置冗余则会增加初期投资与运维成本, 且过多的开关节点会增加设备故障率, 同时占用更多线路走廊资源, 不利于电网的经济性与安全性平衡。

### 2.4 新能源接入与电能质量问题

(1) 分布式光伏、风电的间歇性对电网的影响: 分布式新能源出力随光照、风速变化而波动, 会导致电网潮流方向与大小频繁变化, 打破原有潮流分布平衡, 可能引发线路过载或电压越限; 同时, 出力骤增骤减会造成电网有功功率缺额或盈余, 影响电网频率稳定, 增加调度运行难度。(2) 谐波污染与电压波动问题: 分布式新能源并网逆变器、用户侧电力电子设备运行时会产生大量谐波, 注入电网后会干扰精密用电设备正常工作, 加速变压器、线路等设备老化; 此外, 新能源出力波动会导致节点电压频繁变化, 当电压偏差超出允许范围时, 会影响居民用电质量, 甚至导致部分敏感设备停运。

### 2.5 智能化与自动化水平不足

(1) 传统电网与智能电网的衔接问题: 传统电网设备多为手动操作模式, 缺乏数据采集与远程控制功能, 与智能电网的“信息化、自动化”要求存在技术断层; 若直接接入智能设备, 可能出现通信协议不兼容、数据传输不稳定等问题, 无法实现电网运行状态的实时监控与智

能调度, 阻碍电网智能化升级进程。(2) 自动化设备覆盖率低与数据孤岛现象: 部分区域仍依赖人工巡检, 自动化监测设备(如智能传感器、远程测控终端)覆盖率低, 无法全面获取电网运行数据; 同时, 不同部门的监测系统独立运行, 数据标准不统一, 形成“数据孤岛”, 导致电网运行数据无法有效整合与共享, 难以支撑精准决策与智能运维。

## 3 电力系统10kV电网规划设计优化策略

### 3.1 负荷预测优化方法

(1) 引入AI算法提升精度: 针对传统方法局限性, 采用LSTM神经网络处理时序负荷数据, 其能捕捉负荷与气象、节假日等因素的长期依赖关系, 例如某城区通过LSTM模型整合近5年用电数据与气象数据, 将短期负荷预测误差从12%降至5%以下; 搭配机器学习(如随机森林算法)分析用户行业属性、用电习惯, 对商业区域峰谷负荷波动进行动态修正, 例如针对商场夜间空调负荷骤降特性, 通过算法实时调整预测曲线, 进一步提升预测准确性。同时, 建立数据补全机制, 对农村地区缺失数据采用邻域相似性填补法, 保障AI模型输入数据质量。(2) 结合用户侧响应与需求侧管理: 将需求侧资源纳入负荷预测体系, 通过分时电价、需求响应补贴引导用户错峰用电, 例如工业用户在用电高峰时段减少产能, 降低电网负荷压力; 同时, 实时采集用户侧响应数据, 动态调整预测模型参数, 例如某工业园区通过需求响应平台获取企业削峰数据, 将该区域负荷预测偏差缩小3%-5%, 确保预测结果更贴合实际用电需求<sup>[3]</sup>。

### 3.2 网架结构优化方案

(1) 模块化、标准化网架设计: 制定10kV电网模块化建设标准, 根据负荷密度划分不同模块(如城区高密度模块、农村低密度模块), 统一线路选型、设备规格与建设流程, 例如城区模块采用电缆环网, 农村模块采用架空辐射网, 降低设计与运维成本; 同时, 预留扩展接口, 当区域负荷增长时, 可快速接入新模块, 避免大规模网架改造, 例如某新城区通过模块化设计, 3年内仅新增2个扩展模块即满足负荷增长需求。(2) 弹性电网理念下的多环网与“N-1”校验: 在重要区域(如工业园区、核心商圈)构建多环网结构, 实现“手拉手”供电, 例如某工业园区采用双环网设计, 单条线路故障时, 备用线路可在15分钟内完成转供; 同时, 严格执行“N-1”校验标准, 确保任意一条线路或一台设备停运后, 剩余网架仍能满足供电需求, 例如对10kV线路进行负荷校核, 将过载线路分段改造, 使“N-1”通过率从75%提升至98%, 提升网架抗风险能力。

### 3.3 设备选型与布局优化

(1) 基于全生命周期成本(LCC)的设备选型:打破“重初期投资、轻运维成本”的传统模式,综合计算设备采购、安装、运维、报废全周期成本,例如对比10kV断路器,传统少油断路器初期成本低但年运维费用高,而真空断路器初期成本高但寿命长、运维简单,通过LCC分析,某地区选择真空断路器,10年总成本降低22%;同时,优先选用节能设备,如S13型低损耗变压器,较传统S11型变压器损耗降低15%~20%,长期经济效益显著。(2) 动态调整变压器容量与线路截面:建立负荷动态监测机制,根据负荷增长趋势调整设备参数,例如通过在线监测系统发现某小区负荷年增长率达8%,提前将500kVA变压器更换为800kVA,避免过载跳闸;对线路截面进行动态评估,当线路负载率超70%时,及时更换大截面导线,例如某农村线路负载率达75%后,将50mm<sup>2</sup>导线更换为95mm<sup>2</sup>,线损率降低2.3个百分点,保障供电稳定性<sup>[4]</sup>。

### 3.4 新能源接入适应性设计

(1) 储能系统配置与功率调节技术:在新能源集中接入区域配置储能系统(如锂电池储能、飞轮储能),平抑出力波动,例如某村镇光伏电站配套2MW/4MWh储能系统,阴天时储能系统放电补充电力,使电压波动控制在±3%以内;同时,采用虚拟电厂技术整合分布式新能源与储能资源,实现功率协同调节,例如某工业园区通过虚拟电厂平台,将10家企业光伏与储能设备联动,确保新能源出力稳定接入电网。(2) 无功补偿与电能质量治理措施:在新能源并网节点配置动态无功补偿装置(如SVG静止无功发生器),实时补偿无功功率,例如某风电场接入点安装SVG设备,将功率因数稳定在0.95以上;针对谐波问题,安装有源电力滤波器(APF),滤除3次、5次谐波,例如某光伏园区通过APF治理,谐波畸变率从8%降至3%以下,避免继电保护误动作与家电烧毁问题。

### 3.5 智能化升级路径

(1) 物联网(IoT)与5G技术在电网中的应用:在变压器、开关设备等关键设备上安装IoT智能传感器,实时采集电流、电压、温度等数据,通过5G网络高速传输至监控平台,例如某地区10kV线路安装IoT故障指示器,故障定位时间从4小时缩短至15分钟;同时,利用5G低时延特性,实现远程控制功能,如远程操作断路器分合闸,减少人工现场操作,提升运维效率。(2) 区域级自动化控制平台建设:整合调度、运维、用户侧数据,打破“数据孤岛”,构建区域级自动化控制平台,例如某城市搭建10kV电网综合管控平台,实现负荷监测、故障预警、自动转供一体化功能;平台具备智能决策能力,例如根据实时负荷数据自动调整变压器分接头,将电压合格率从96%提升至99.5%,同时,向用户开放用电数据查询功能,引导用户合理用电,推动电网与用户协同发展。

### 结束语

电力系统10kV电网规划设计是一项复杂且关键的工作,其合理与否直接关系到电网的运行效能与供电质量。本文深入剖析了当前10kV电网规划设计中在负荷预测、线路布局、设备选型及新能源接入等方面存在的问题。解决这些问题并非一蹴而就,需综合运用先进技术、优化管理策略。未来,随着科技发展,我们应持续探索创新,不断提升10kV电网规划设计水平,以更好地满足社会日益增长的用电需求。

### 参考文献

- [1]郑乐乐,马绍权.电力系统10kV配电线路设计要点解析[J].工程技术,2021(02):52-53.
- [2]陈伟俊.基于10kV配电线路设计技术要点分析[J].通讯世界,2019,26(07):191-192.
- [3]李野.电力系统10kV配电线路的合理选择与设计要点分析[J].中国设备工程,2020(20):214-215.
- [4]孙勇.电力系统10kV配电线路安全运行维护与管理研究[J].中国设备工程,2022(02):71-73.