

智能电网背景下区域电网调度运行优化策略研究

熊 航

国网新疆电力有限公司巴州供电公司 新疆 库尔勒 841000

摘要: 在智能电网快速发展与新能源高渗透的背景下,区域电网调度运行面临安全稳定、经济高效与清洁低碳的多重挑战。本文阐述智能电网与区域调度相关理论,分析当前调度运行现状及新能源消纳、算法适配等核心问题,探究问题根源,构建多目标调度优化模型并设计求解方法,从多层面提出优化策略,通过效果评估验证可行性,为区域电网调度智能化转型、资源优化配置提供理论支撑与实践参考。

关键词: 智能电网; 区域电网; 调度运行; 优化策略

引言: 随着“双碳”战略推进与智能电网技术普及,区域电网电源结构持续优化,分布式新能源大规模并网,传统调度模式已难以适配源网荷储协同运行需求。当前区域电网调度存在多源数据融合不足、协同机制缺失等问题,制约了电网安全稳定与清洁高效运行。深入研究相关优化策略,破解新能源消纳与系统稳定的协同难题,对构建新型电力系统、推动能源清洁转型具有重要现实意义。

1 智能电网与区域电网调度运行相关理论基础

1.1 智能电网核心内涵与关键技术

(1) 智能电网的核心内涵与特征:核心是通过数字化、信息化技术实现电网发电、输电、配电、用电全环节高效协同,以安全可靠为前提,兼具高效经济、清洁低碳、灵活互动的特征,打破传统电网单向传输模式,实现源网荷储协同联动。(2) 智能电网关键支撑技术:主要包括特高压输电技术、柔性交流输电技术,保障电能高效传输;新能源并网技术、储能技术,破解新能源波动性难题;智能传感、大数据与人工智能技术,实现电网状态精准感知与智能决策。(3) 智能电网对区域调度的赋能作用:提升区域调度的精准性与灵活性,实现区域内电源、负荷的动态匹配,优化资源配置效率,增强区域电网抗扰动能力,支撑分布式电源大规模并网,助力区域调度向智能化、协同化转型。

1.2 区域电网调度运行的核心内容与要求

(1) 区域电网调度的核心职能:负责区域内电网运行的实时监控、调度指挥,统筹协调各类电源并网运行,保障区域电能供需平衡,处理电网异常工况,落实主网调度指令,维护区域电网安全稳定运行。(2) 区域电网调度运行的基本要求:坚守安全第一原则,保障电网频率、电压稳定;兼顾经济性与环保性,优化调度策略;具备快速响应能力,及时应对负荷波动与设备故障,满

足用户可靠用电需求。(3) 区域电网与主网的调度协同逻辑:主网负责全局平衡与统筹调度,区域电网承接主网指令,结合自身电源、负荷特点优化局部调度,实现“主网统筹、区域协同”,确保全网资源优化配置与运行效率最大化^[1]。

1.3 区域电网调度运行优化的核心理论

(1) 安全约束经济调度理论:在满足电网安全运行约束(如线路传输极限、设备容量)的前提下,优化机组发电计划,降低发电成本,实现安全与经济的协同。(2) 多目标协同优化理论:统筹电网安全、经济、环保、可靠等多目标,协调各目标间优先级,实现多维度最优调度,适配新能源高渗透下的调度需求。(3) 不确定性处理理论:针对新能源出力、用户负荷等不确定性因素,通过概率预测、鲁棒优化等方法,降低不确定性对调度运行的影响,提升电网运行韧性。

2 智能电网背景下区域电网调度运行现状及存在问题分析

2.1 智能电网背景下区域电网调度运行发展现状

(1) 区域电网调度智能化发展现状:当前区域电网调度逐步摆脱传统人工操控模式,初步建成智能化调度平台,实现运行状态实时监控、简单故障自动预警,调度决策的精准度和效率显著提升,部分区域已实现调度业务数字化全覆盖,逐步向“源网荷储”协同调度的智能化模式转型。(2) 调度技术应用现状:智能传感、大数据、云计算等技术已初步应用于区域调度,特高压、柔性输电等关键技术落地见效,电网状态感知能力增强;但先进技术的深度应用不足,部分区域仍存在技术适配性差、应用碎片化等情况,未形成全流程智能化调度体系。(3) 新能源接入下调度运行现状:随着光伏、风电等新能源大规模并网,区域电网电源结构持续优化,清洁电力占比大幅提升;但新能源出力的随机性、波动性

给调度运行带来挑战,区域电网已初步探索新能源并网调度模式,但尚未形成完善的适配机制^[2]。

2.2 区域电网调度运行现存主要问题

(1) 新能源消纳与系统稳定性协同不足: 新能源出力波动大、预测精度不足,导致消纳能力有限,弃风弃光现象仍有发生;同时过度依赖新能源供电易引发电网频率、电压波动,难以实现消纳提升与系统稳定的双向协同。(2) 调度优化算法适配性较差: 现有调度算法多基于传统电源结构设计,对新能源高渗透、多源并存的场景适配性不足,难以快速响应负荷和电源的动态变化,优化精度和实时性无法满足当前调度需求。(3) 多源数据融合与利用效率低: 调度过程中产生的电源、负荷、设备等多源数据分散存储,缺乏统一的数据标准和融合平台,数据冗余、共享不畅,难以通过数据挖掘为调度决策提供有效支撑。(4) 源网荷储协同调度机制缺失: 电源、电网、负荷、储能各环节缺乏有效的协同联动机制,各主体权责划分不清晰,储能资源的调节作用未充分发挥,难以实现全环节资源优化配置。

2.3 问题产生的根源分析

(1) 技术层面根源: 先进调度算法、多源数据融合技术的研发和应用滞后,新能源预测、储能调控等核心技术不够成熟,现有技术体系难以适配智能电网和新能源高渗透的发展需求。(2) 机制层面根源: 缺乏完善的源网荷储协同调度机制、新能源消纳激励机制和跨区域调度协同机制,各主体协同动力不足,难以形成调度运行合力。(3) 管理层面根源: 调度管理体系较为传统,缺乏专业化的智能调度管理团队,数据管理、技术管控等管理制度不健全,对先进技术应用和协同调度的管控力度不足。

3 智能电网背景下区域电网调度运行优化模型构建

3.1 调度优化模型构建原则与目标

(1) 模型构建基本原则: 坚持安全优先、经济高效,贴合区域电网实际工况;兼顾通用性与适配性,适配新能源高渗透、源网荷储协同场景;平衡简洁性与精准性,简化冗余计算、提升求解效率,保障结果可靠。(2) 多目标优化目标设定: 围绕安全、经济、环保三大维度,安全目标为维持电网频率、电压稳定,降低故障发生率;经济目标为最小化发电、输电及调度运维总成本;环保目标为最大化新能源消纳率,降低碳排放强度。(3) 目标优先级排序: 确立“安全优先、环保协同、经济最优”排序,将电网安全稳定作为首要前提,其次保障新能源消纳等环保目标,最后在满足前两者基础上实现经济成本最小化。

3.2 调度优化模型的约束条件设定

(1) 电网物理约束: 严格遵循功率平衡约束,确保区域电网发电总量与用电总量、输电损耗总量平衡;满足线路传输容量约束,避免线路过载;遵守节点电压、频率约束,维持电压在合理区间,频率稳定在标准范围。(2) 设备运行约束: 明确发电机组运行约束,限定机组启停时间、出力上下限及爬坡速率;约束储能设备充放电功率、容量上限,避免过度充放电损坏设备;规范输电、配电设备运行时长,保障设备安全稳定运行。(3) 新能源出力约束: 结合新能源出力随机性、波动性特点,设定光伏、风电出力上下限约束,基于预测数据划定出力波动范围;约束新能源并网功率,避免出力突变对电网稳定性造成冲击,适配新能源消纳目标^[3]。(4) 政策与市场约束: 符合新能源消纳相关政策要求,满足区域新能源并网比例管控标准;遵循电力市场交易规则,契合调度市场化激励机制,约束发电主体报价、出力调整行为,兼顾政策合规性与市场合理性。

3.3 基于智能算法的调度优化模型求解

(1) 优化算法选择与改进: 选用收敛速度快的粒子群优化算法,适配多目标、多约束求解场景;改进算法惯性权重与学习因子,提升收敛精度,避免陷入局部最优。(2) 模型求解流程设计: 输入电网参数、新能源预测数据及约束条件,初始化算法参数;代入目标函数迭代寻优,筛选满足所有约束的最优解集;输出机组出力、储能充放电等调度方案。(3) 求解结果可靠性验证方法: 采用仿真验证与实际数据对比结合,搭建调度仿真平台模拟运行;对比仿真与历史数据验证合理性;通过灵敏度分析,检验约束变化对结果的影响,保障适应性。

4 智能电网背景下区域电网调度运行优化策略实施

4.1 技术层面优化策略

(1) 新能源消纳优化策略: 搭建新能源出力精准预测平台,融合气象数据、历史出力数据,采用机器学习算法提升预测精度;合理布局储能设施,优化储能充放电调度,平抑新能源出力波动;推广柔性输电技术,提升电网对新能源的接纳能力,建立新能源消纳动态调整机制,减少弃风弃光现象。(2) 智能调度算法应用策略: 落地改进后的粒子群优化算法,结合区域电网实际场景调试参数,提升算法实时性与优化精度;搭建算法适配测试平台,针对新能源高渗透、负荷波动等场景,持续优化算法逻辑;引入数字化仿真技术,提前模拟算法应用效果,确保算法适配调度需求。(3) 多源数据融合与利用策略: 建立统一的多源数据标准,整合电源、负荷、设备、气象等各类数据,打破数据孤岛;搭建大数据分析平台,采用数据清洗、挖掘技术,提取有效信息,

为调度决策提供支撑；完善数据安全防护体系，保障数据传输、存储与利用的安全性，提升数据共享效率^[4]。

4.2 机制层面优化策略

(1) 源网荷储协同调度机制：明确电源、电网、负荷、储能各主体权责，建立协同调度协调小组，统筹推进全环节协同；制定协同调度规则，优化各主体互动模式，充分发挥储能的调节作用，实现源网荷储动态平衡；建立协同调度考核机制，倒逼各主体落实协同责任。(2) 调度市场化激励机制：完善新能源消纳激励政策，对积极参与消纳的主体给予补贴，提升消纳积极性；建立调度服务市场化定价机制，优化发电成本分摊方式，兼顾经济性与公平性；搭建市场化交易平台，促进各类电源有序竞争，优化调度资源配置。(3) 跨区域调度协同机制：加强与主网及周边区域电网的沟通协作，建立跨区域调度信息共享平台，实现调度数据互联互通；制定跨区域功率互济规则，优化电力资源调配，缓解区域电力供需矛盾；建立跨区域应急调度协同机制，提升电网抗扰动能力与应急处置效率。

4.3 管理层面优化策略

(1) 调度人员专业能力提升策略：搭建分层分类培训体系，针对智能调度技术、新能源调度、算法应用等内容开展专项培训；开展校企合作、岗位练兵活动，提升调度人员实操能力与应急处置能力；建立人才激励机制，引进高端智能调度人才，打造专业化调度团队。(2) 调度运行监管体系完善策略：建立全方位调度运行监管机制，覆盖调度指令执行、设备运行、新能源消纳等全环节；引入智能化监管工具，实现监管数据实时采集、分析与预警，提升监管效率；明确监管责任，建立奖惩机制，规范调度运行行为。(3) 调度系统运维管理优化策略：制定标准化运维管理制度，明确运维流程、责任分工，定期开展调度系统巡检与维护；搭建运维智能化平台，实现设备故障实时预警、精准排查，降低运维成本；建立运维应急处置预案，提升系统故障快速恢复能力，保障调度系统稳定运行^[5]。

4.4 优化策略实施效果评估

(1) 评估指标体系构建：围绕安全、经济、环保、高效四大维度，构建多维度评估指标体系，安全维度包括电网故障率、电压频率稳定率，经济维度包括发电总成本、输电损耗率，环保维度包括新能源消纳率、碳排放强度，高效维度包括调度响应速度、数据利用率。(2) 评估方法选择与应用：选用层次分析法确定各指标权重，结合模糊综合评价法，实现定量与定性评估结合；依托调度运行数据，代入评估指标体系，开展常态化评估与阶段性评估，全面掌握策略实施效果；搭建评估结果可视化平台，直观呈现评估数据与结论。(3) 实施效果分析与优化调整：对比策略实施前后的评估指标，分析策略实施的有效性与不足，明确优化方向；结合区域电网运行工况变化、新能源发展趋势，动态调整优化策略；建立评估结果反馈机制，将评估结论融入策略优化过程，持续提升调度运行优化水平。

结束语

本文围绕智能电网背景下区域电网调度运行优化展开系统研究，梳理相关理论、剖析现存问题，构建优化模型并提出多维度实施策略，形成“理论-问题-模型-策略-评估”的完整研究体系。研究表明，所提策略可有效提升电网调度安全性、经济性与环保性，缓解新能源消纳难题。后续可结合实际工况，深化智能算法与调度场景的适配性，完善动态优化机制，为电网高质量运行提供更具针对性的支撑。

参考文献

- [1]孙立垌.智能电网调度中的分布式计算方法分析[J].电子技术,2025,54(09):352-353.
- [2]乔艳兵.电力调度自动化中智能电网技术运用分析[J].全面腐蚀控制,2025,39(08):89-91.
- [3]杨君艺.智能技术在电力调度自动化系统中的应用[J].电子技术,2025,54(08):248-249.
- [4]赵澜.智能技术在电力调度自动化系统中的应用[J].集成电路应用,2025,42(08):320-321.
- [5]白宇,李建伟.智能电网调度运行技术应用策略研究[J].光源与照明,2025,(04):248-250.