

Research on Optimization Technology for High Proportion New Energy Integration into 750 kV Power Grid Operation

Ruibo Wang

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Construction Branch, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

In the context of green energy transformation, large-scale integration of wind and photovoltaic power has become an important trend in the development of the power system. The 750 kV power grid, as the main regional network and cross regional transmission carrier, plays a key role in the collection of new energy, long-distance transmission, and multi power source coordination. However, the volatility, randomness, and intermittency of new energy output pose new challenges to power flow distribution, voltage stability, frequency support, and safety verification. The traditional static management mode that relies on conventional power regulation is no longer suitable for the high proportion of new energy access requirements. The article analyzes the impact mechanism of new energy grid connection on the operation of 750 kV power grid, and explores the optimization path from the aspects of source grid coordinated scheduling, reactive power and voltage optimization, flexible resource allocation, and intelligent operation control, aiming to provide reference for the safe, efficient, and economical operation of power grid.

Keywords

high proportion of new energy; 750 kV power grid; Operational optimization; Voltage control; Source network coordination; power grid dispatching

面向高比例新能源接入 750 千伏电网运行优化技术研究

王瑞博

国网新疆电力有限公司建设分公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

在能源绿色转型背景下, 风电、光伏大规模并网成为电力系统发展的重要趋势。750 千伏电网作为区域主网架和跨区输送载体, 在新能源汇集、远距离输送和多电源协同中发挥关键作用。然而, 新能源出力的波动性、随机性与间歇性, 对潮流分布、电压稳定、频率支撑及安全校核带来新挑战。传统依赖常规电源调节的静态管理模式已难以适应高比例新能源接入要求。文章分析新能源并网对 750 千伏电网运行的影响机理, 从源网协同调度、无功电压优化、灵活资源配置和智能化运行控制等方面探讨优化路径, 旨在为电网安全、高效、经济运行提供参考。

关键词

高比例新能源; 750 千伏电网; 运行优化; 电压控制; 源网协调; 电网调度

1 引言

在“双碳”目标推动下, 我国新能源开发规模持续扩大, 风电、光伏正由补充电源转变为核心组成部分。西北、华北等资源富集地区依托 750 千伏骨干电网实现新能源大范围汇集与送出, 750 千伏电网逐步演变为承载高比例新能源的综合运行平台。与常规火电相比, 新能源惯量支撑弱、出力受气象影响大, 易引发功率波动、电压越限和稳定裕度下降等问题。随着新能源接入比例提高, 电网运行边界、调度逻辑和控制方式深刻变化。如何在保障安全稳定的前提下提升新

能源消纳能力、优化主网运行状态, 已成为 750 千伏电网运行管理的重要课题, 亟需开展系统研究。

2 高比例新能源接入 750 千伏电网的运行特征与主要影响

2.1 新能源大规模接入改变主网潮流分布特征

在传统电网中, 750 千伏电网主要承担大容量输电与主干电源支撑, 潮流相对稳定。随着大规模风电、光伏集中接入, 尤其在新能源基地化开发区域, 主网潮流由“常规电源送出”模式演变为“多点汇集、方向多变、波动增强”的复杂形态。新能源出力高峰时, 部分断面功率快速抬升, 输电通道利用率显著提高; 气象或负荷突变时, 潮流短时间内重新分布, 增加调度难度。潮流重构不仅影响输电断面安全裕度, 还牵动下层 220 千伏和 330 千伏网络的潮流组织与安全

【作者简介】王瑞博, 男, 中国陕西兴平人, 本科, 工程师, 从事超特高压电网建设、新能源接入并网、新型电力系统分析研究。

校核。高比例新能源接入已从根本上改变 750 千伏电网运行形态，运行分析需超越传统稳态平衡，更加重视动态适应性与多场景协调能力。

2.2 高比例新能源接入加剧电压与无功调节压力

新能源电源特别是风电、光伏电站通常通过电力电子设备并网，其有功输出受自然条件影响明显，同时无功支撑能力与控制策略、并网点强度以及设备配置状况密切相关。在高比例接入条件下，750 千伏电网部分变电站和输电线路的电压水平更容易受新能源波动影响，表现为轻载高压、重载低压、局部无功倒送和电压越限风险增加等问题。尤其是在新能源集中送出区域，白天光伏大发、夜间风电高出力等场景可能导致无功需求特征明显变化，若无功补偿装置配置不合理或调节响应不及时，就可能使 750 千伏主网和下层电网电压控制面临较大压力。此外，长距离输电线路本身具有较强电容效应，在高电压等级下更易放大轻载过电压问题。因此，高比例新能源接入不仅提升了无功优化的复杂程度，也要求 750 千伏电网在运行方式安排中更加重视电压协同控制和分层分区调节。

2.3 安全稳定边界面临新的挑战

750 千伏电网作为区域大电网的重要支撑骨架，其安全稳定不仅取决于网络拓扑和输电能力，也取决于电源特性和动态支撑水平。与传统同步电源相比，新能源机组的旋转惯量贡献有限，短路容量支撑相对较弱，当新能源占比持续提高时，电网整体惯量水平下降、频率响应特性变弱、故障后恢复能力不足等问题会逐步显现。在某些极端工况下，大规模新能源出力波动或集中脱网甚至可能对 750 千伏主网频率、电压和暂态稳定构成直接冲击。同时，新能源富集区域往往具有“电源集中、负荷较弱、送出距离长”的特征，一旦关键通道故障或系统结构变化，电网潮流转移和稳定裕度下降的问题更为突出。这表明，在高比例新能源背景下，750 千伏电网运行优化不能仅追求经济潮流分配，更应把安全稳定边界识别和运行风险预控放在重要位置。

3 面向高比例新能源接入的 750 千伏电网运行问题分析

3.1 源荷时空错配导致主网调度难度增加

新能源资源丰富地区与负荷中心空间分离，750 千伏电网承担大规模外送任务。风电、光伏出力高峰与受端负荷高峰常不匹配，源荷时空错配使主网运行调度难度显著上升。新能源集中大发而本地消纳有限时，外送断面压力增大，通道利用率接近极限易引发拥塞和弃电风险；新能源出力低迷而负荷较高时，常规电源需快速顶峰，增加备用压力与调节成本。这种不匹配并非简单电量平衡问题，而是关系主网运行方式、断面控制和跨区交易安排。若调度缺乏高精度预测与灵活优化能力，易在高比例新能源场景下陷入“断面紧张与备用不足并存”的被动局面。

3.2 常规调节资源不足影响新能源消纳效率

高比例新能源电网运行的一个核心问题，在于系统需要足够的灵活调节资源来平抑波动、填补缺口并维持电压频率稳定。然而，在部分 750 千伏电网覆盖区域，传统火电机组调峰性能有限，抽水蓄能、电化学储能和需求侧响应资源尚未充分发展，使得系统调节能力增长滞后于新能源装机扩张速度。当新能源快速上升或下降时，常规电源启停调节不及时，就可能造成系统频繁调整运行方式，甚至被迫采取限电措施。尤其是在新能源占比较高而负荷水平相对平缓的地区，灵活资源不足已成为影响 750 千伏电网运行优化和新能源消纳的关键制约因素。只有从系统整体层面补足调节能力短板，才能使主网由被动适应新能源转向主动优化新能源接入环境。

3.3 传统运行控制方式难以适应动态变化需求

以往 750 千伏电网运行控制较多依赖经验方式安排断面控制、机组开机方式和无功补偿策略，其前提是电源出力变化相对可预测、系统结构相对稳定。但在高比例新能源场景下，电网运行状态的变化更快、影响因素更多、场景耦合更复杂，传统以人工经验和静态校核为主的控制方式已难以及时响应实际需要。比如，新能源预测误差可能在短时间内引发潮流偏移，传统小时级甚至日级运行计划很难完全适应；局部电压异常和线路重载风险也需要更高频率、更精细化的调节手段。与此同时，多元主体参与、电力市场机制变化以及储能等新型资源接入，也使 750 千伏电网运行控制从单一调度命令执行转变为多资源协同优化问题。由此可见，运行控制方式的升级已成为高比例新能源接入背景下 750 千伏电网优化运行的重要前提。

4 750 千伏电网运行优化的关键技术路径

4.1 基于源网荷储协同的调度优化技术

高比例新能源接入下，750 千伏电网运行优化需建立源网荷储协同的综合调度机制，将新能源出力预测、常规电源调峰、主网通道状态、负荷响应潜力和储能调节资源统一纳入优化框架。通过高精度功率预测，调度可提前识别出力波动时段，合理安排开机方式与备用容量。储能可在新能源大发时吸纳多余电量，下跌时快速补偿，减轻断面波动压力；需求侧响应则有助于缓解局部负荷高峰与外送受限的矛盾。源网荷储协同调度的本质，是让 750 千伏电网不再被动承担新能源波动后果，而在全系统范围内实现资源统筹与运行边界优化。

4.2 面向新能源波动特性的潮流与断面优化技术

750 千伏电网运行优化的重要内容之一，是根据新能源波动特征动态调整潮流分布和断面控制策略。传统断面管理更多关注固定极限和常规运行方式下的安全校核，而在高比例新能源接入场景中，应进一步强化多场景潮流仿真、关键断面灵活控制和动态限额评估技术。通过对新能源不同出力

场景、故障工况和受端负荷变化进行组合分析,可识别关键通道的薄弱时段和潜在风险区域,为调度提供更有针对性的断面控制建议。同时,应推动基于实时数据的输电断面动态评估机制,结合气温、风速、线路负荷率和设备状态等信息,提升通道利用效率

4.3 电压无功协同控制技术

在高比例新能源条件下,750千伏电网的电压质量和无功平衡问题日益突出,因此必须构建更高层次的电压无功协同控制体系。该体系应将新能源场站无功调节能力、主网变电站无功补偿装置、发电机励磁调节以及下层电网电压控制资源综合起来,形成分层分区、快速响应的联合控制模式。对于新能源基地送出区域,应加强风电场和光伏电站逆变器的动态无功支撑能力管理,使其能够在电压波动时及时参与调节。750千伏变电站侧则应合理配置并动态控制电抗器、电容器、SVC和SVG等无功补偿装置,防止轻载高压和重载低压问题扩大。

5 面向高比例新能源的750千伏电网运行优化提升措施

5.1 提升新能源预测与运行方式滚动优化水平

提升运行优化能力的基础,在于准确把握新能源出力变化趋势。针对风电和光伏预测误差对750千伏电网运行方式的影响,应持续完善气象-功率联合预测模型,提高短期和超短期预测精度。调度层面不应仅依赖日前计划,而应建立小时级甚至更高频次的滚动修正机制,将新能源实时预测结果及时反馈至机组安排、断面控制和备用调度之中。对于预测偏差较大的重点区域,还应设置更具弹性的运行方式预案,以减少计划与实际偏差对主网安全运行的冲击。滚动优化的意义,在于让750千伏电网运行由静态计划管理转向动态适应管理,从而在新能源波动显著条件下保持更高的调度灵活性和风险应对能力。

5.2 加强灵活调节资源建设与统筹配置

750千伏电网要适应高比例新能源接入,必须同步增强系统灵活调节能力。这不仅包括推动火电机组深度调峰改造,也包括加快抽水蓄能、电化学储能、可调节负荷和新型调节电源建设。对于新能源集中送出通道,应优先布局响应速度快、调节精度高的储能资源,提升局部波动平抑能力。对受端负荷中心,则可通过负荷聚合、需求响应和用户侧储能等手段增强系统柔性,减轻750千伏主网在高峰时段的支撑压力。更重要的是,灵活资源建设不能分散推进,而应与

750千伏电网网架特征、断面瓶颈和新能源布局相匹配,做到调节能力与输电能力协同规划。只有把灵活性资源纳入主网运行优化的整体框架中,新能源消纳和电网安全运行之间的矛盾才能从根本上缓解。

5.3 推进智能调度与在线安全校核技术应用

随着新能源占比不断提高,750千伏电网运行状态的复杂性持续增强,单纯依靠人工经验已难以满足调度控制需求。因此,应大力推进智能调度、在线分析和实时安全校核技术应用。通过引入大数据分析、机器学习和智能辅助决策系统,可对新能源出力波动、线路潮流变化和设备运行状态进行快速识别,提前发现潜在风险。在线安全校核技术则能够在运行方式发生变化时及时评估断面越限、电压稳定和暂态安全裕度,为调度决策提供动态支撑。

6 结语

高比例新能源接入正在深刻改变750千伏电网的运行环境、控制逻辑和安全边界。新能源波动性、间歇性和低惯量特征,使传统主网运行方式面临潮流重构、电压控制难度增加、调节资源不足和安全稳定风险上升等一系列新问题。文章围绕高比例新能源接入750千伏电网的运行特征、主要矛盾和优化路径进行了系统分析,认为提升750千伏电网运行水平的关键,在于构建源网荷储协同调度机制,优化潮流断面控制策略,强化电压无功协同调节,并加快推进灵活资源配置与智能调度技术应用。未来,随着新能源装机规模持续扩大和新型电力系统建设不断深入,750千伏电网运行优化将更加注重动态适应、智能决策和多元资源协同。只有不断完善技术体系和运行机制,才能更好支撑高比例新能源安全消纳和区域大电网高质量发展。

参考文献

- [1] 蒋露萍.智能配电网视角下的110千伏新能源接入规划与弹性设计研究[C]//中国电力设备管理协会.全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(五).国网永州供电公司客户服务中心(计量中心),2024:343-345.
- [2] 许广渊.新能源接入下电力系统输出功率自适应调控方法[J].中国新技术新产品,2026,(06):47-49.
- [3] 丁林伟.面向新能源接入的低压配电网电力技术[J].光源与照明,2026,(02):158-160.
- [4] 付溟,王麒.大规模新能源接入下的电力系统稳定研究[J].电工技术,2026,(03):5-7.
- [5] 张忠静,刘磊,蔡永翔,等.新型电力系统下大规模新能源接入配电网的线损变化趋势分析[J].电力大数据,2024,27(02):11-22.