

新能源发电并网对电网消纳能力的影响分析

周松洋 任志磊 刘浩 苏德

内蒙古华电锡林浩特新能源有限公司 内蒙古 锡林浩特 026000

摘要: 本文围绕新能源发电并网展开研究,剖析风电、光伏间歇性、波动性等出力特性,阐释电网消纳能力核心内涵。深入分析新能源并网对电网功率平衡、网架结构、电能质量及经济运行的多重影响,指出调峰压力大、输电瓶颈、弃风弃光等突出问题。针对性提出源网荷储协同、电网升级、市场完善等对策,助力提升电网消纳能力,推动新能源安全高效并网与电力行业绿色低碳转型。

关键词: 新能源发电并网; 电网消纳能力; 影响

引言: 在双碳目标推进下,风电、光伏等新能源装机规模持续攀升,成为电力行业转型核心动力。但新能源出力不稳定、分布不均衡的特性,给传统电网运行带来全新挑战,电网消纳矛盾日益凸显。本文立足新能源发电与电网消纳相关理论,系统探究并网带来的各类影响,深挖消纳瓶颈根源,探寻可行的优化路径,为保障电网安全稳定运行、助推新能源规模化发展提供理论参考与实践思路。

1 新能源发电及电网消纳能力相关理论基础

1.1 新能源发电特性分析

(1) 风电发电出力特性: 间歇性、波动性与随机性。风电出力受风速、风向、地形等气象因素影响极大,出力无固定规律,短时间内会出现大幅升降,无法做到精准可控,难以像常规电源一样稳定输出电能,给电网功率平衡带来极大挑战。(2) 光伏发电出力特性: 昼夜周期性、气候依赖性。光伏出力严格遵循昼夜更替规律,夜间无发电能力,白天出力随光照强度变化,同时受阴雨、雾霾、积雪等天气影响显著,出力波动明显,呈现极强的时段性和气候依附性。(3) 新能源发电与常规电源出力差异对比。常规火电、水电等电源出力可控可调,能灵活跟随负荷变化,运行稳定性强;新能源发电属于无源发电,出力不可控,依赖自然资源,稳定性差,两者特性截然相反,并网后打破了传统电网的运行平衡模式。

1.2 电网消纳能力核心内涵

(1) 电网消纳能力定义与核心衡量指标。电网消纳能力指电网在保障安全稳定运行的前提下,接纳、输送、利用新能源电力的最大能力,核心指标包括弃风弃光率、新能源利用率、电网调峰容量等。(2) 消纳能力的影响边界: 电源、电网、负荷、储能。电源结构决定调峰能力,电网网架决定输送范围,用电负荷决定消纳空间,储能设备可平抑出力波动,四大要素相互制约,共同决定电

网消纳上限。(3) 电网安全稳定运行与消纳能力的关联关系。电网安全是消纳的前提,过度接纳新能源会引发频率、电压波动,威胁电网安全;而提升消纳能力,必须兼顾电网稳定性,通过技术优化实现两者协同^[1]。

1.3 新能源并网相关技术标准

(1) 新能源并网接入技术规范。规范明确新能源电站接入电网的电压等级、接口设备、并网调试、功率调节等技术要求,保障并网合规性,减少对电网的冲击。(2) 电网调度运行与电能质量管控要求。规定新能源电站需服从电网统一调度,满足谐波、电压偏差、频率稳定等电能质量标准,维持电网优质运行。(3) 新能源消纳相关政策法规。国家出台系列政策,明确消纳责任权重,规范并网流程,严控弃电率,推动新能源高效消纳与电力行业绿色发展。

2 新能源发电并网对电网消纳能力的影响分析

2.1 对电网功率平衡与调度运行的影响

(1) 出力波动加剧电网供需平衡难度。风电、光伏发电依赖自然资源,具备极强的间歇性、波动性与随机性,风速、光照的小幅变动,都会引发出力大幅波动,且难以精准预判。传统电网依靠电源出力跟随负荷变化,实现源荷实时平衡,新能源并网后,其无源发电特性彻底打破原有平衡格局。白天光照充足时光伏出力陡增,夜间完全停运,风速骤变也会让风电出力忽高忽低,电网难以快速匹配供需两端变动,实时功率平衡难度大幅上升。(2) 常规电源调峰调频压力大幅上升。常规火电、水电机组可控可调,是电网调峰调频的核心主力。新能源大规模并网后,出力波动毫无规律,必须依靠常规机组实时调整出力,平抑功率盈余与缺口。用电低谷期,新能源大发叠加负荷偏低,常规机组需深度减载,甚至停机备用;用电高峰期,新能源出力不足,又需要常规机组满发补缺。频繁的工况切换加剧了设备损耗,调峰调频

容量长期处于紧绷状态,多地调峰资源短缺问题越发突出^[2]。(3)电网调度计划制定与执行难度增加。传统电网调度依托精准的负荷预测与常规电源稳定出力,可提前制定周密的调度计划,执行过程稳定可控。新能源出力预测存在误差,气象突变还会让实际出力大幅偏离预期,原有调度方案无法适配实时工况。调度部门既要保障新能源应发尽发、最大化消纳,又要守住供电安全底线,必须实时调整调度策略、灵活调配各类电源,调度计划修订频繁,现场执行与管控压力显著加大。

2.2 对电网结构与传输能力的影响

(1)局部电网潮流分布紊乱,输电线路负载失衡。传统电网潮流方向固定、分布均匀,新能源大规模分散并网后,电源布局从集中式转为分布式,功率流向发生逆转,局部电网潮流无序变动。部分线路会出现功率过载,长时间满负荷运行,加剧设备损耗;而部分线路负载偏低,资源得不到充分利用,潮流分布失衡,破坏了原有电网的功率分配格局。(2)偏远地区新能源富集,电网输送通道瓶颈凸显。风能、太阳能资源多集中在西北、东北等偏远地区,当地用电负荷偏小,电力需求有限,而负荷中心集中在中东部经济发达地区。偏远地区新能源发电量大,但原有电网网架薄弱,输电线路容量不足,跨区域输送通道建设滞后,电力无法及时外送,形成明显的输送瓶颈,制约了新能源电力的大范围调配与消纳。(3)电网电压、频率稳定性受到冲击。电网频率与电压稳定,依托电源出力与负荷功率的精准匹配。新能源出力大幅波动时,电网有功功率失衡会引发频率偏移,无功功率分布不均会导致电压超标。尤其是大规模新能源集中并网、集中脱网时,会引发电网电压骤升骤降、频率大幅波动,严重时触发保护装置动作,威胁电网稳态运行^[3]。

2.3 对电网电能质量与安全运行的影响

(1)谐波污染、电压闪变等电能质量问题加剧。风电、光伏发电需通过逆变器实现交直流转换并网,逆变器属于电力电子设备,运行过程中会产生大量谐波电流,注入电网后造成谐波污染,导致电网波形畸变。同时,新能源出力的间歇性波动,会引发并网点电压频繁起伏,产生电压闪变、电压暂降等问题,干扰周边用电设备的正常运行,影响工业生产、居民用电的稳定性,降低整体电网电能质量。(2)系统惯量降低,抗干扰能力下降。传统同步发电机组转动惯量大,能在电网发生故障、负荷突变时,释放惯量维持电网稳定,缓冲功率冲击。新能源电站通过逆变器并网,不具备同步机组的转动惯量,大规模替代常规电源后,电网整体等效惯量持续降低。电网面对短路故障、负荷骤变等突发扰动时,缓冲能力减

弱,频率、电压恢复速度变慢,抗干扰能力大幅下滑,电网安全运行风险显著提升。(3)弃风弃光问题加剧,能源利用率下降。受电网调峰能力不足、输送通道不畅、负荷消纳空间有限等多重因素制约,新能源大发时段无法全额并网消纳,只能采取弃风、弃光措施,关停部分机组。弃风弃光不仅造成大量清洁能源浪费,违背了新能源发展的初衷,也拉低了整体能源利用效率,成为制约新能源行业健康发展的突出难题,同时也反映出电网消纳能力与新能源装机规模不匹配的矛盾。

2.4 对电网经济运行的影响

(1)电网改造升级与运维成本增加。为适配新能源大规模并网,原有薄弱电网必须进行升级改造,包括新建输电线路、扩建变电站、更换大容量设备、加装调压稳压装置等,工程建设投入资金量大、建设周期长。同时,新能源并网后电网运行工况更复杂,设备运维、故障排查、调度管控工作量大幅增加,日常运维成本、检修成本持续上涨,加重了电网企业的经济负担。(2)备用容量配置增多,运行经济性降低。为应对新能源出力波动和突发故障,保障电网供电可靠性,必须预留充足的旋转备用、冷备用容量,这些备用机组多数时间处于低负荷运行或待机状态,设备利用率偏低。常规机组备用容量增多,会增加燃料消耗、设备损耗,降低能源利用效率,拉高电网整体运行成本,打破了传统电网高效经济的运行模式,大幅降低了电网运行的经济性^[4]。(3)新能源消纳不畅带来的经济损失分析。新能源消纳受阻引发的弃风弃光,直接造成发电企业发电量损失,减少发电收益。电网企业为疏导新能源电力,投入大量改造资金和运维资金,却难以获得对等收益。此外,清洁能源浪费也违背了低碳发展目标,间接造成环保效益损失。长期消纳不畅还会打击新能源投资积极性,制约行业规模化发展,形成经济损失与发展受限的双重困境。

3 提升新能源发电并网电网消纳能力的对策与建议

3.1 电源侧优化调控对策

(1)推进新能源与常规电源联合运行。打破单一电源运行模式,推动风电、光伏与火电、水电捆绑运营,让常规电源充当稳定支撑,弥补新能源出力波动缺陷,实现互补发电。通过协同调度,让新能源最大化发电,常规电源灵活补缺,构建稳定可控的联合供电体系,提升电源整体出力稳定性。(2)完善新能源出力预测技术,提升预测精度。依托大数据、人工智能、气象监测技术,搭建精细化预测平台,优化短期、超短期出力预测模型,结合地形、气象实时数据,缩小预测误差。提高出力预判准确度,为电网调度提供可靠依据,提前做好功率平衡

预案,降低波动冲击。(3)合理配置储能系统,平抑发电出力波动。因地制宜配置电化学储能、抽水蓄能等设施,在新能源大发时段储存富余电量,出力不足时段释放电能,平滑出力曲线。储能系统能快速响应电网调节指令,填补功率缺口,减轻常规电源调峰压力,提升电源侧可控性。

3.2 电网侧升级改造对策

(1)加强电网网架建设,打通输电通道瓶颈。重点补强偏远新能源富集地区电网,扩建高压、特高压输电线路,升级变电设备,拓宽电力外送通道。解决源荷空间错配问题,打破区域输电壁垒,让新能源电力顺利输送至负荷中心,杜绝因输送能力不足导致的弃风弃光。(2)推进智能电网建设,提升电网柔性调控能力。引入先进电力电子设备、自动化调控系统,打造智能灵活电网,实现潮流精准调控、故障快速隔离。增强电网对波动功率的适配能力,提升电压、频率稳定性,提高电网运行智能化水平和抗干扰能力。(3)优化电网布局,实现区域间电能互济。统筹全国电网规划,完善区域联网工程,构建互联互通的电网格局。打破地域限制,实现跨区域电力调配,在新能源大发区域外送电力,缺电区域引入电能,盘活全网消纳空间,提升整体资源利用率^[5]。

3.3 负荷侧与市场机制优化对策

(1)推广需求侧响应,引导负荷灵活调节。通过电价激励、补贴政策,引导工商业、居民用户错峰用电,主动调整用电时段。在新能源大发时段引导增负荷,低谷时段减少用电,让负荷主动适配电源出力,变被动消纳为主动适配。(2)完善电力市场机制,激励新能源消纳。建立新能源优先上网机制,推行绿色电力交易,放宽新能源入市门槛,通过市场竞价保障新能源发电量。利用价格杠杆,鼓励用户使用绿电,营造利于消纳的市场环境。(3)健全辅助服务市场,盘活系统调节资源。明确调峰、调频等辅助服务定价机制,给予常规电源、储能设施合理补偿,调动调节资源积极性。挖掘系统可调潜

力,补齐调峰短板,为新能源消纳提供充足支撑。

3.4 技术与政策保障措施

(1)研发先进并网调控技术,突破消纳瓶颈。加大科研投入,攻克柔性并网、智能调度、高效储能等关键技术,升级并网设备标准,降低新能源并网对电网的冲击,提升电网接纳新能源的上限。(2)出台针对性扶持政策,强化顶层设计。制定新能源消纳专项扶持政策,加大电网改造、储能建设的资金补贴,统筹源网荷储一体化发展,理清各方权责,扫清消纳工作中的制度障碍。(3)建立健全消纳考核与监管体系。设定硬性消纳责任权重,严控弃风弃光率,明确发电企业、电网公司的消纳责任,加强全程监管与考核,倒逼各项措施落地,保障新能源高效利用。

结束语

新能源发电并网是能源转型的必然趋势,电网消纳能力提升是一项系统性工程。当前并网带来的波动冲击、调度难题等问题,需通过多方协同、多措并举逐步破解。未来要持续强化技术创新、完善政策机制、统筹源网荷储一体化发展,在保障电网安全的前提下,最大限度挖掘消纳潜力。唯有实现新能源与电网深度融合,才能筑牢电力系统稳定根基,助力双碳目标稳步落地。

参考文献

- [1]蒋媛杰.新能源发电并网对电网电能质量的影响分析[J].电子技术,2023,52(12):92-93.
- [2]张立东.新能源发电并网对电网质量的影响分析[J].集成电路应用,2023,40(12):404-405.
- [3]王艳.新能源发电并网对电网电能质量的影响及控制措施[J].光源与照明,2023,31(6):243-245.
- [4]周梓涵.新能源接入对智能配电网的影响及措施[J].光源与照明,2024,20(12):240-242.
- [5]张宇东,李奔.新能源发展背景下的电网规划关键技术及其应用[J].光源与照明,2024,36(12):243-245.