

新能源发电在电力系统中的应用探讨

杜敏

华电新能源集团股份有限公司山西分公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16916

[摘要] 随着全球能源转型加速推进,新能源发电在电力系统中的应用规模不断扩大,深刻改变了传统电力系统的运行特性和结构形态,动态虚拟电厂、先进储能技术与数智赋能平台等创新模式正成为提升新能源消纳能力的关键技术路径。同时,价格机制改革与市场化建设通过经济杠杆引导新能源从规模扩张向高质量消纳转型。然而,新能源发电仍面临系统稳定性、市场适应性和技术经济性等多重挑战,需要源网荷储协同发力,本文对新能源发电在电力系统中高效应用的优化路径进行了分析,为构建以新能源为主体的新型电力系统提供理论与实践参考。

[关键词] 新能源发电; 电力系统; 应用

中图分类号: TM715 **文献标识码:** A

Exploration on the Application of New Energy Power Generation in Power Systems

Min Du

Shanxi Branch of Huadian New Energy Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi Province

[Abstract] With the accelerated advancement of the global energy transition, the application scale of new energy power generation in power systems has been continuously expanding, which has profoundly changed the operational characteristics and structural form of traditional power systems. Innovative models such as dynamic virtual power plants, advanced energy storage technologies, and digital-intelligent empowerment platforms have become key technical paths to enhance the consumption capacity of new energy. At the same time, the reform of the price mechanism and market-oriented construction have guided new energy to shift from scale expansion to high-quality consumption through economic levers. However, new energy power generation still faces multiple challenges such as system stability, market adaptability, and technical economy, which require the coordinated efforts of source-grid-load-storage. This paper analyzes the optimization path for the efficient application of new energy power generation in power systems, providing theoretical and practical references for building a new-type power system with new energy as the main body.

[Key words] new energy power generation; power systems; application

引言

在全球应对气候变化和推动能源清洁低碳转型的大背景下,新能源发电已成为电力系统的重要组成部分。截至2025年8月底,我国风电、光伏累计装机容量已突破17亿千瓦,首次超过火电成为第一大电源。这一历史性转折标志着电力系统正经历着前所未有的结构性变革,新能源从补充能源逐步转变为主体能源。然而,新能源发电的间歇性、波动性和不确定性也给电力系统的安全稳定运行带来了严峻挑战。2025年4月28日发生的大范围停电事故,凸显了在高比例新能源接入条件下维持电力平衡的复杂性与脆弱性。同时,随着补贴政策逐步退坡和电价市场化改革深入推进,新能源发电的经济性也面临重新评估。国家发改委和国家能源局近期密集发布的136号文、1192号文等政策文件,正深

刻重塑着新能源发展的政策环境与市场规则。在此背景下,深入探讨新能源发电在电力系统中的应用,不仅具有理论意义,更是能源行业高质量发展的迫切需求。当前研究多在单一技术或政策层面展开分析,缺乏系统性的整合视角。

1 新能源发电的发展现状与趋势

1.1 全球新能源发电规模与结构变化

近年来,全球新能源发电呈现爆发式增长态势,尤其是在技术进步和成本下降的双重驱动下,太阳能和风能成为新增发电容量的主力军。从我国情况看,光伏发电装机容量已达到11.2亿千瓦,风电装机容量为5.8亿千瓦,两者合计占全国装机总量的比重超过30%,这一结构性变化标志着电力系统正进入“新能源主导”的新阶段。值得注意的是,新能源发电增长态势呈现出

一定的波动性。2025年9月,中国太阳能发电新增装机容量为9.66吉瓦,虽然较8月的7.36吉瓦(近三年低点)有所回升,但较去年同期20.89吉瓦的水平显著下降。这种增速放缓的现象,一方面反映了政策调整的影响——5月1日起取消工商业分布式光伏全额上网平价补贴,并设定了6月1日作为新旧项目不同定价机制的分界点;另一方面也表明新能源发展正从爆发式增长阶段转向高质量发展阶段。

1.2 新能源发电成本下降与技术成熟度提升

新能源发电经济性的持续改善是其规模化发展的关键驱动力。过去几年,光伏发电成本已下降超过80%,目前新能源的平均度电成本比煤电低30%。这种显著的成本优势使得新能源不再依赖于补贴,而是可以通过市场竞争实现可持续发展。成本下降的背后是技术创新的有力支撑:光伏转换效率不断提升,风电机组单机容量持续增大,储能电池能量密度显著提高,数字化转型深度推进,共同推动了新能源发电竞争力的增强。然而,新能源产业链不同环节的发展不平衡问题也日益凸显。光伏制造业面临产能过剩和价格竞争的压力,据BloombergNEF预测,激烈的价格竞争可能持续至2026年甚至2027年。这种过度竞争状况需要通过质量提升和有序竞争来引导行业健康发展,这也反映了新能源发电产业正从追求规模扩张转向注重质量效益。

1.3 政策环境演变与市场机制完善

2025年第三季度,我国新能源政策环境迎来重大变革,集中体现在可再生能源电力消纳、分布式绿证核发、新型储能规模化和价格机制完善等多个维度。特别是《关于完善价格机制促进新能源发电就近消纳的通知》(1192号文)的实施,标志着新能源消纳政策进入以“自发自用比例”和“新输配电价计算方式”为核心机制的新阶段。这些政策变化共同导向一个核心目标:推动新能源从“重规模”向“重消纳”转变。随着新能源装机规模的快速扩大,电力系统消纳压力持续加大,电网调节成本不断攀升^[1]。尽管国家和地方层面陆续推出绿电直连、零碳园区、源网荷储一体化等就近消纳模式探索,但由于项目边界模糊、保供责任不清、经济责任不明等问题,项目收益预期不稳,总体发展仍然偏慢。新政策旨在通过完善价格形成机制与市场交易规则,破解新能源就近消纳的体制机制障碍,实现新能源发电更高水平的本地消纳。

表1 截止到2025年1-9月中国新能源发电发展主要数据

指标	数值	变化趋势	数据来源
风电、光伏累计装机容量	17亿千瓦	首次超过火电	能源评论
其中:光伏装机容量	11.2亿千瓦	持续增长	能源评论
其中:风电装机容量	5.8亿千瓦	稳定增长	能源评论
太阳能新增装机	9.66吉瓦	同比下降明显	国家能源局
新能源度电成本较煤电	低30%	成本优势扩大	学习日报

2 新能源发电融入电力系统的关键技术支撑

2.1 并网接口与控制技术

并网接口技术是新能源发电接入电力系统的基础,其核心功能是实现新能源发电与电网之间的功率交换、电压调节、频率稳定等控制目标。逆变器作为并网接口的核心设备,其性能直接决定了新能源发电的并网质量。传统逆变器采用恒功率控制模式,对电网波动的适应性较差;而新一代智能逆变器具备无功调节、低电压穿越、高电压穿越等功能,可在电网电压或频率出现波动时,通过主动调节输出功率与无功补偿,维持并网稳定,提升新能源发电的电网支撑能力。除逆变器技术外,并网控制策略的优化也是提升并网效能的关键,针对集中式新能源电站,采用集群控制策略,通过对多个新能源发电单元的协调控制,实现整体出力的平稳输出;针对分布式新能源发电,采用就地控制与远程协调相结合的策略,在保障本地供电稳定的同时,配合大电网实现功率平衡^[2]。

2.2 储能协同优化技术

储能技术是解决新能源发电间歇性、波动性问题的核心手段,通过“充电—放电”的能量转换过程,实现新能源出力的平抑、削峰填谷与备用支撑。不同类型的储能技术具有不同的技术特性,适用于不同的应用场景,与新能源发电的协同优化是提升应用效能的关键。

电化学储能具有响应速度快、调节精度高的特点,适用于平抑新能源发电的短期出力波动与提供紧急备用电源,已在分布式新能源系统与集中式新能源电站中广泛应用;抽水蓄能技术具有容量大、寿命长、成本低的优势,适用于新能源发电的中长期调峰与跨季节储能,是当前大规模储能应用的主流形式;压缩空气储能、飞轮储能等新型储能技术,凭借其独特的技术优势,在特定场景下逐步得到应用,丰富了储能与新能源协同的技术路径。

储能与新能源发电的协同优化策略,需根据新能源类型、出力特性与应用场景进行定制化设计。例如,针对光伏出力的昼夜节律性,可采用“光伏+电化学储能+抽水蓄能”的混合储能模式,电化学储能平抑日间短期波动,抽水蓄能实现昼夜削峰填谷;针对风电出力的随机性,可采用“风电+飞轮储能+电化学储能”模式,利用飞轮储能的快速响应特性平抑高频波动,电化学储能实现中低频波动平抑。

2.3 智能调度与运行控制技术

智能调度与运行控制技术通过对电力系统各环节资源的统筹协调,实现新能源发电的高效消纳与系统的安全稳定运行。随着新能源发电规模的扩大,传统基于经验的调度模式已难以满足要求,基于大数据、人工智能、物联网等技术的智能调度系统逐步应用。新能源出力预测技术是智能调度的基础,通过整合气象数据、历史出力数据、设备运行数据等多源信息,利用机器学习、深度学习等算法,实现对新能源短期、中期、长期出力的精准预测。短期出力预测为实时调度提供依据,中期预测为机组组合优化提供支撑,长期预测为电网规划与新能源布局提供参考。

在运行控制方面,“源网荷储”协同控制平台的建设实现了各主体的信息共享与协同优化,平台通过实时采集新能源发电、电网运行、负荷消费、储能状态等数据,进行全局功率平衡计算,制定最优的调度策略,指令各主体执行。

3 新能源发电在电力系统中高效应用的优化路径

3.1 构建多能互补的电源结构体系

通过多种能源形式的协同优化,发挥不同能源的特性优势,实现整体出力的平稳性与可靠性提升。一方面,推动新能源与传统能源的深度融合,加快火电灵活性改造,提升火电对新能源的调峰支撑能力;合理开发水电资源,发挥水电的调峰调频优势,与风电、光伏形成互补。另一方面,推动新能源之间的协同发展,根据不同区域的资源禀赋,规划建设“风光储”“风光氢储”等多能互补项目,利用不同新能源出力特性的差异,实现整体出力的平抑。此外,加强新能源基地的科学规划,避免新能源项目的盲目上马,根据区域资源条件、电网接纳能力、负荷需求等因素,合理确定新能源开发规模与节奏,实现新能源开发与电网建设、负荷增长的协同推进。例如,在新能源资源丰富但电网薄弱的区域,优先发展分布式新能源项目,实现就地消纳;在电网条件较好的区域,适度发展集中式新能源基地,通过特高压输电通道外送^[3]。

3.2 推进电网基础设施升级与智能化改造

加快电网基础设施建设,提升电网对新能源的接纳与传输能力。在主干电网层面,加快特高压输电通道建设,构建“西电东送”“北电南输”的骨干网架,实现新能源基地电力的高效外送;在配电网层面,加大配电网升级改造力度,提升配电网的载流量、电压调节能力与自动化水平,适应分布式新能源的大规模接入。加快智能变电站、主动配电网、柔性直流输电等新技术的应用,提升电网的灵活性与可控性;构建基于大数据、人工智能的智能调度系统,提升新能源出力预测精度与调度决策的科学性;推广应用物联网、区块链等技术,实现电网各环节数据的实时采集、共享与分析,提升电网的智能化运行水平。

3.3 健全储能与新能源协同发展机制

加大储能技术研发与应用力度,构建多元化的储能应用体系。重点突破电化学储能的成本降低与寿命提升技术,推动抽水蓄能电站的规模化建设,探索压缩空气储能、飞轮储能等新型储能技术的应用场景。根据不同的应用需求,合理配置储能容量与

类型,实现储能与新能源的精准协同。例如,在集中式新能源基地,配置大容量抽水蓄能或电化学储能系统,实现出力平抑与调峰;在分布式新能源系统,配置小型电化学储能系统,实现本地供需平衡。将储能纳入电力市场体系,通过辅助服务市场、容量市场等机制,使储能企业获得合理收益;建立新能源企业与储能企业的协同合作机制,通过长期协议、收益共享等方式,分摊储能成本,提升双方的积极性^[4]。

3.4 完善多主体协同的机制体制保障

建立健全多主体协同的管理机制,加强发电企业、电网企业、储能企业、用户之间的沟通协调。构建统一的信息共享平台,实现新能源出力预测、电网运行状态、负荷信息、储能状态等数据的实时共享,提升协同决策效率;建立跨部门、跨区域的协调工作机制,解决新能源应用中的跨领域问题。出台激励用户参与需求响应的政策措施,通过电价补贴、奖励等方式,激发用户参与积极性;加快制定新能源并网、储能应用、智能调度等领域的技术标准,统一设备接口、通信协议与控制策略,提升系统兼容性;建立健全新能源电力的价格形成机制,通过市场化手段引导新能源的合理开发与高效利用。

4 结论

新能源发电在电力系统中的应用是实现能源清洁化转型与“双碳”目标的核心路径,应用规模与深度不断拓展,已成为重塑电力系统形态的关键力量。未来,新能源与储能、氢能、碳捕捉等技术的融合应用将进一步拓展,“源网荷储”深度融合的新型电力系统将逐步建成,为实现能源可持续发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]王伟胜,刘纯,戴海峰.大规模风电并网技术研究综述[J].中国电机工程学报,2023,43(5):1601-1615.
- [2]张北川,周孝信,尚宇炜.新能源电力系统关键技术发展现状与展望[J].电力系统自动化,2022,46(1):2-13.
- [3]李建林,田立亭,胡娟.储能技术在新能源消纳中的应用研究[J].电工技术学报,2023,38(8):1805-1818.
- [4]陈皓勇,王锡凡,王秀丽.电力市场环境新能源消纳机制研究[J].电力系统保护与控制,2022,50(12):1-9.

作者简介:

杜敏(1988-),女,汉族,山西大同人,中级工程师、本科,文章方向:新能源。