

新能源接入对电气工程系统的影响

党继平, 唐俊

中广核(内蒙古)新能源投资有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 随着新能源的大规模接入, 电气工程系统正经历深刻的变革与挑战。本研究总结了新能源接入对电力系统稳定性、调控复杂度等方面的影响, 同时提出了通过智能化控制、储能技术和优化传输网络等手段应对相关问题。在展望中, 进一步探讨了新能源与储能技术的协同发展、智能化电力系统优化以及国际化能源互联框架的构建等未来方向, 以推动电力系统向高效、灵活与可持续发展。

关键词: 新能源接入; 电气工程; 储能技术; 智能化控制; 国际能源互联

The impact of New Energy Access on the Electrical Engineering System

Dang Jiping, Tang Jun

CGN (Inner Mongolia) New Energy Investment Co., LTD. Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract: With the large-scale integration of new energy, electrical engineering systems are undergoing significant transformation and facing unprecedented challenges. This study summarizes the impact of new energy integration on grid stability and control complexity while proposing solutions, such as intelligent control, energy storage technologies, and transmission network optimization. The outlook further explores future directions, including the coordinated development of new energy and energy storage, optimization of intelligent power systems, and the establishment of international energy interconnection frameworks to drive the system toward efficiency, flexibility, and sustainability.

Keywords: new energy integration; electrical engineering; energy storage technology; intelligent control; international energy interconnection

引言

随着全球能源危机、环境污染和气候变化问题日益严峻, 能源结构向低碳化、清洁化、高效化方向转型已成为全球共识。实现碳中和目标的核心之一是大力发展和利用风能、太阳能等可再生能源。在此背景下, 新能源在全球范围内实现了快速发展, 并逐步取代传统化石能源, 成为电力系统的重要组成部分。然而, 新型能源因其随机性、波动性和间歇性等特性, 给传统电气工程系统的运行、管理与规划带来了全新的挑战。新技术、新架构的探索, 成为现代电气工程学科的重要研究方向^[1]。

一、新能源特性及其接入方式

(一) 新能源的类别与特性

随着全球能源结构转型的加快, 新能源在电力系统中的作用日益凸显。新能源主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能以及海洋能等。其中, 太阳能和风能是应用最为广泛的两种形式:

●太阳能: 利用光伏电池或太阳能热发电技术将太阳辐射直接转换为电能。其特点是资源分布广泛、清洁无污染, 但具有间歇性和随机性, 受昼夜及天气条件的影响较大。

●风能: 通过风力涡轮机将风的动能转化为机械能, 进而转化为电能。风能可以大规模开发(如海上风电), 但其不稳定性依然显著, 风速和风向的变化会直接影响发电能力。

●其他能源: 生物质能依赖生物质材料的燃烧或转化, 具备

一定的稳定性; 地热能和海洋能具有较为固定的资源潜力, 但受地域限制, 开发和利用技术尚未完全成熟。

新能源的共同特性是清洁性和可再生性, 能够在减少温室气体排放的同时实现可持续能源发展。然而, 这些资源波动性强、不可控、预测性差的特点对现有的电力系统提出了巨大挑战。

(二) 新能源接入电力系统的方式

为了将新能源与传统的电力系统有效结合, 实现清洁能源的优化利用, 常见的接入方式包括:

●分布式接入: 指新能源发电系统直接接入中、低压配电网, 例如屋顶光伏系统和小型风力发电机。这种方式在居民区、工商业园区应用广泛, 优点是发电和用电集中于本地, 但会增加配电网的规划和设计复杂性。

●集中式接入: 以大规模新能源电站为代表, 例如特定区域的大型光伏电站或风力发电场, 通过高压或超高压输电线路接入

主电网。这种方式能够有效利用新能源资源，但由于远距离输电的存在，对输电线路和系统稳定性提出了更高要求。

●微电网模式：将新能源与储能装置结合，构建独立或并网的“微型电力系统”。微电网可以实现本地自给，还能够通过灵活的管理提升电能质量。

●多能源互补接入：将新能源资源与传统能源结合，如“风光储”一体化系统，将风能发电、光伏发电和储能技术协调运作，从而减小新能源电力的波动性。

这些接入方式的选择需根据区域能源条件、用电需求和现有技术水平灵活调整，以实现经济性与可靠性的平衡。

（三）接入过程中面临的问题

新能源接入电力系统的过程中，尽管为能源转型带来了新的机遇，但也暴露了诸多现实挑战：

●电网安全性问题：新能源发电的间歇性和波动性易导致电网频率和电压波动，严重时甚至可能引发系统不稳定。

●传输和消纳问题：集中式新能源电站往往远离负荷中心，跨区输电压力大，容易造成新能源发电能力被浪费的现象。

●储能技术发展瓶颈：储能设备是解决新能源波动性的重要手段，但目前储能技术成本高、效率低，难以大规模推广。

●管理和规划复杂性：新能源的分布式接入增加了电力系统的灵活性，但也对电网的智能化控制和协调能力提出了更高要求。此外，传统的调度体系难以适应新能源点多源不确定性的特点。

●政策与市场机制不完善：新能源的推广和接入需要合理的电价机制与补贴政策支持，但部分国家或地区的政策尚未完全适应新能源发展的实际需求。

新能源的接入方式和过程中面临的问题密切相关，如何突破这些瓶颈对电力系统的转型发展至关重要。

二、新能源接入对电气工程系统的影响

（一）对电力供需平衡的影响

随着风能、太阳能等新能源的接入，能源供给呈现出固有的随机性和不确定性，这对电力系统的实时供需平衡提出了严峻挑战。传统化石能源发电的出力相对稳定，容易满足实时负荷调节需求，而新能源的波动性使得电力供需匹配变得更加复杂。例如，光伏发电受到日照条件的显著影响，而风电发电则依赖于风速的变化，其不确定性可能导致系统短时间内出现供能不足或过剩现象。由于这些非计划性变化，系统需要更为精确的负荷预测和调度优化，以确保电力供需动态平衡。这种变化不仅增加了电网运行的复杂性，还对电气工程系统提出了更高的技术和管理要求。

（二）对电网运行与控制的影响

新能源的高比例接入对电网的稳定性造成了一定冲击。首先，频率调节成为突出问题，当新能源出力快速变化或波动时，系统频率可能难以维持在正常范围内，这对电力系统的瞬时平衡和安全运行构成威胁。此外，电压稳定性也需要特别关注，分布

式新能源接入点较为分散，可能引发局部电压波动，从而影响用户供电质量。为了应对新能源并网引发的问题，电网保护系统也面临重新设计的需求，传统电网保护方案对新能源波动的适应性较弱，难以有效应对复杂的故障工况。在区域和分布式电网中，由于新能源出力的不一致性，不同区域间的负荷变化速度加快，进一步增加了局部电网运行的难度^[9]。

（三）对输配电网络的影响

新能源并网对输配电网络带来了容量扩张和结构重构的压力。高比例新能源直接接入输电系统或分布式接入配电网络，需要对整个输配电系统进行容量升级，以支撑大规模的新能源功率传输和分配。同时，为提升输配电系统的适应性，开发柔性输配电技术变得至关重要。例如，柔性直流输电技术可在远距离新能源传输中显著降低损耗，智能电网的应用也能优化新能源接入后的电力分配效率。此外，新型输配电网络需要结合实时监测、动态调控等功能，才能实现新能源消纳与电网运行的高效融合。

（四）对储能与调峰系统的要求

新能源波动性的缓冲离不开储能与调峰系统的支撑。在储能技术方面，电池储能成为短期内新能源波动管理的重要手段，其快速响应能力能够有效平衡短时间内的供需差异。此外，氢能作为中长期储能解决方案，具有储量大、调节灵活等优势，在未来或将扮演重要角色。与此同时，调峰系统的优化也成为应对新能源并网挑战的关键。其中，抽水蓄能因其高效率和技术成熟性，广泛应用于新能源波动调节，而需求响应作为一种柔性调控方式，则通过引导用户主动调整用电行为，进一步缓解负荷峰谷差对电力系统的压力。综上所述，储能与调峰系统的建设和优化是推动新能源与电气工程系统深度融合的重要保障。

三、应对新能源接入挑战的解决措施

新能源的接入给电力系统带来了诸多挑战，但通过一系列技术手段和政策措施，可以有效缓解这些问题，为构建更加灵活、可靠和高效的电力系统奠定基础。

（一）新型智能电网的建设

新型智能电网的发展是解决新能源接入难题的关键途径。智能电网通过信息技术与电力技术的深度融合，实现了对发电、输电、配电和用户用电的全流程智能化管理。具体来说，智能电网能够通过实时监测和分析对新能源发电的不稳定性进行调节，保证电网的供需平衡。同时，智能电网引入了分布式能源管理系统，能够对分布式光伏、风能等小型发电单元进行有效优化和调度。此外，利用人工智能和大数据分析，智能电网可预测新能源的发电能力及需求变化，为电网运行提供决策支持，从而提高接纳新能源的能力和效率^[3]。

（二）储能与电力市场改革

储能技术的应用是应对新能源波动性和间歇性的重要手段。例如，锂离子电池、液流电池及压缩空气储能等技术可以在新能源过剩时储存能量，在发电短缺时释放能量，从而平滑新能源发电的波动。与此同时，配套的电力市场改革也必须跟上步伐，发

展更加灵活的市场机制，使储能设备的经济价值得以充分体现。例如，引入调频、调峰辅助服务市场，给予储能系统更多的参与机会，也能促进新能源发电与传统电力系统之间的动态平衡。实践表明，储能与市场化改革的结合可以有效提高电力系统的韧性，为新能源的深度接入提供稳定保障。

（三）电网柔性化改造

电网柔性化改造是增强新能源接入能力的核心措施之一。通过引入高压直流输电（HVDC）和柔性交流输电系统（FACTS），电网可以更高效地调配电能并应对电力流的动态变化。例如，柔性直流电网技术在实现长距离电力输送的同时更具快速调节特性，可极大缓解因新能源集中接入引发的区域性电压不稳定问题。此外，微电网技术的发展也为电网柔性化提供了支持。作为一种独立运行或并网运行的小型电力系统，微电网可以在新能源丰富的分布区域内实现就地消纳，降低对主网的冲击。通过开展电网柔性化改造，整个电网可以从源头上减轻新能源接入过程中的波动性和不确定性影响。

（四）政策与标准推进

政策引导和标准化建设对于新能源接入的扩展和应用尤为重要。政府需要出台促进新能源消纳的扶持政策，例如可再生能源补贴、碳交易制度和电价改革，以激励发电企业和用户积极参与新能源建设。标准化方面，制定统一的并网技术规范 and 运行准则，可以确保不同地域、不同类型新能源的协调并网，减少系统运行中的技术障碍。此外，政府还可以推动国际合作，借鉴国外新能源接入的成功经验，并结合本国实际情况制定适宜的政策和标准体系，从而为新能源接入提供有力的政策保障。

综上所述，应对新能源接入挑战需要多方面、多层次的综合措施。通过新型智能电网的建设、储能技术与市场机制的结合、电网灵活性的提升以及政策和标准的制定，才能从根本上解决新

能源接入过程中面临的各种难题，为电力行业的绿色转型注入强大动力^[4]。

四、结论与展望

（一）主要结论

随着新能源的大规模接入，电气工程系统正在经历一场深刻的变革，同时也面临着前所未有的挑战。从电网运行的稳定性到电力系统调控的复杂性，这些问题接连出现，给传统的电力系统带来巨大压力。然而，通过智能化控制手段的推进、储能技术的不断发展以及输电网络布局的优化调整，这些挑战正在逐步得到有效的解决。新能源的接入不仅加速了电气工程系统向更加灵活化、高效化和可持续化的方向发展，还实现了技术创新与环境保护之间的深度融合，展现了现代社会对绿色能源发展的基本需求和方向。

（二）未来研究方向

随着新能源的不断发展，技术领域的创新面临着更为严峻的考验，需要进行更加深入的研究和探索。在未来，新能源技术和储能技术的协同发展将成为关键。通过更加紧密的研究，实现储能技术与系统动态平衡间的无缝衔接，对于提升电力系统的整体效率具有重要意义。此外，智能化电力系统的运维管理与控制技术仍有很大提升空间，尤其是在人工智能算法和数字孪生技术的深度融合方面，未来的研究需要找到更多创新突破点。与此同时，新能源发展已成为全球范围内共同关注的趋势，构建国际合作框架将变得尤为重要。通过推动跨国能源的互联互通以及资源的优化配置，不仅能够提高全球能源利用效率，还能为解决不同国家和地区能源分配不均的问题提供有效的解决方案，从而进一步引领全球电力系统走向更加开放、互联和协调共享的未来。

参考文献

- [1] 巩冬梅, 马源, 张伟玮. 智能化技术在电力系统电气工程自动化中的应用研究 [J]. 科技创新与生产力, 2023, 44(11): 111-114.
- [2] 高树祥; 于隆; 孙小梅. 电气工程及其自动化智能化技术在建筑电气中的应用 [J]. 中国设备工程, 2022(15).
- [3] 康慧龙. 试论电气工程及其自动化智能化技术应用 [J]. 建材与装饰, 2019(29).
- [4] 宫占霞; 龙小丽; 焦根平. 智能化技术在电气工程控制中的应用 [J]. 电子世界, 2018(21).