

新能源并网对现有电网的影响及应对策略研究

王盼 曹馨贝

国网河南永城市供电公司, 河南 永城 476600

[摘要]伴随新能源装机规模的迅猛增长, 高比例新能源并入现有电力系统后, 给整个系统的安全稳定运行带来了严峻的考验。研究人员仔细探讨了风力发电和光伏发电这些新能源在运行过程中表现出的间歇性和波动性特点, 发现这种波动明显影响到电网调节负荷的能力、供电质量的好坏以及电压是否能够保持稳定。在高比例新能源并入电力系统的情况下, 电网面临着系统惯性变弱、调压功能不足、输电和配电线路输送能力不够充足、现有的调度和控制系统适应性不足等关键难题。为了解决这些难题, 研究团队针对电网部分、发电设备和储能设备部分、用电需求部分以及政策部分这四个方向, 提出了全面的解决办法。电网部分要改善主干线路的构造, 广泛采用能灵活调整的输电方式和能够自主改变运行状态的技术, 还要不断提高调度系统的自动运行能力和智慧判断能力。发电设备和储能设备部分需要改进发电种类的比例, 让那些常规发电厂在关键时刻起到稳定作用。同时, 要大力推动储能装置的大规模安装和实际使用。用电需求部分和政策部分, 可以通过开展客户侧的用电管理、普及智能用电设备, 还要改进适应可再生能源发展的电力交易规则, 这样就能为可再生能源的使用提供强有力的支持。只有依靠多种方法一起努力、互相配合、不断改进, 才能建设出既可靠又高效的新型电力系统, 从而确保能源转型能够顺利进行。

[关键词]新能源并网; 电网安全; 应对策略; 电力系统; 储能技术

DOI: 10.33142/hst.v9i8.20435

中图分类号: TM712

文献标识码: A

Research on the Impact and Response Strategies of New Energy Grid Integration on Existing Power Grids

WANG Pan, CAO Xinbei

State Grid He'nan Yongcheng Power Supply Company, Yongcheng, He'nan, 476600, China

Abstract: With the rapid growth of new energy installed capacity, the high proportion of new energy integrated into the existing power system poses a very severe challenge to the safe and stable operation of the entire system. Researchers carefully explored the intermittent and fluctuating characteristics exhibited by new energy sources such as wind and photovoltaic power generation during operation, and found that these fluctuations significantly affect the ability of the power grid to regulate loads, the quality of power supply, and whether voltage can be maintained stably. In the case of a high proportion of new energy being integrated into the power system, the power grid faces key challenges such as weakened system inertia, insufficient voltage regulation function, insufficient transmission and distribution line capacity, and inadequate adaptability of existing scheduling and control systems. To address these challenges, the research team has proposed comprehensive solutions in four directions: power grid, power generation and energy storage equipment, electricity demand, and policy. The power grid needs to improve the structure of the main transmission lines, widely adopt flexible transmission methods and technologies that can autonomously change the operating status, and continuously improve the automatic operation and intelligent judgment capabilities of the dispatch system. The proportion of power generation equipment and energy storage equipment needs to be improved to ensure that conventional power plants play a stabilizing role in critical moments. At the same time, we must vigorously promote the large-scale installation and practical use of energy storage devices. The electricity demand and policy aspects can be supported by implementing customer side electricity management, promoting smart electricity equipment, and improving electricity trading rules that adapt to the development of renewable energy. This will provide strong support for the use of renewable energy. Only by relying on multiple methods to work together, cooperate with each other, and continuously improve, can a reliable and efficient new power system be built, which ensuring the smooth progress of energy transformation.

Keywords: new energy grid connection; power grid safety; coping strategies; power system; energy storage technology

引言

全球能源结构正在发生转变,风力发电和光伏发电这些新能源以前从来没有想过的方式大规模接入电网,这种情况带来了很大的变化。这种转变一方面帮助能源变得更加清洁并且减少碳排放,但同时也给传统的电力系统带来了非常严重的困难和麻烦。新能源发电的特点就是不稳定、容易变化并且很难提前知道会怎样,这样就严重破坏了过去电力系统依靠发电量跟着用电需求变化的传统运行方式,导致想要保持电网频率稳定、电压保持在正常范围以及各种功率互相平衡变得特别困难。当新能源发电的比例越来越高时,电网的转动惯量明显变小,调压的能力也跟着下降,输电线路和配电线路中的电流和电压波动会更加频繁,还容易出现线路堵塞的问题,同时对现有的调度和控制方法适应能力的要求变得非常高。认真研究新能源接入电网带来的各种冲击和困难,寻找多个方面一起合作解决的办法,已经成为建设未来新型电力系统、确保能源转型能够顺利进行的一个重要任务。这篇文章打算仔细检查风力发电和光伏发电这些新能源的发电特点,看看它们对电网调节峰谷负荷、保持电能质量等方面造成哪些具体影响,找出在大量新能源接入电网的情况下电网遇到的最突出难题,然后从电网本身、发电设备、储能装置、用电需求以及市场规则这些不同角度出发,提出全面的解决办法,希望能够为国内电力系统实现安全、高效、长期稳定的发展提供一些理论上的参考和实际操作中的指导意见。

1 新能源发电特性及其对电网的影响

1.1 风电光伏出力间歇性与波动性特点

风电和光伏发电的发电量具有很大的不稳定性,经常出现忽大忽小的情况。风电的发电量会因为风速的变化而起伏不定,变化速度很快,从几秒钟到几个小时都有可能。光伏发电的发电量会受到阳光强度和云层遮挡的影响,呈现出一天中不同时间段的规律性特点,并且还会有几分钟内突然大幅波动的现象^[1]。这两种新能源发电量的不稳定因素特别多,很难提前准确判断,发电量高低起伏不定,无法像传统的火力发电和水力发电那样被有效控制,这种不稳定的特点成为它们接入电力系统的一个关键难题,直接干扰到电力系统的实时功率平衡。

1.2 对电网调峰与调频能力的冲击

新能源发电量的波动起伏给电网的调峰和调频能力带来非常严重的破坏。白天光照充足时,光伏出力大幅增加,电网净负荷曲线呈现典型的“鸭型”特征,显著加剧了日间调峰压力,并易造成大量弃光。更加糟糕的是,新能源发电设备没有传统发电厂那种能够储存能量的旋转

惯量,也没有能够快速调整频率的能力,无法及时应对电网频率出现的小幅波动或者大幅度变化。如果电网突然出现功率不平衡的情况,新能源发电比例很高时,整个系统的惯性就会变小,导致频率变化的速度加快,这样就给现有的自动发电控制系统和其他调频工具带来了更大的压力,需要它们投入更多计算资源并以更快的速度做出反应。

1.3 引发电能质量与电压稳定问题

新能源接入电网,特别是利用电力电子设备连接起来,会引发很多电能质量问题。风力发电和光伏发电的输出波动非常快,很容易造成整个供电区域电压忽高忽低,出现很大的起伏变化。电力电子设备在工作时会释放出一些不规则电流成分,也就是谐波电流,这些不规整的电流会对电网造成污染。当电网本身的容量不够强大时,新能源电站提供必要的无功支持就显得不足,这样容易导致某些地方电压不稳定甚至突然失去平衡。新能源电站的输出功率变化特别明显,经常出现突然增加或减少的情况,这会让电网中电流的方向不断改变,流动状况变得非常复杂,大大增加了电压调节的难度,同时也对电网如何合理安排无功功率和电压水平提出了更高的要求。

2 高比例新能源并网面临的关键问题

2.1 电网调压能力与系统惯性减弱

随着风电、光伏这些高比例新能源逐渐接入电网,电网电压调节能力和系统惯性出现明显变差的趋势。传统同步发电机在提供有功功率时,能够自动发出无功来帮助稳定电网电压,其旋转的质量也为系统提供抵抗功率波动的惯性。新能源发电设备大多通过电力电子装置连接到电网,无功支持能力受到变流器容量大小和运行状态的限制,在最大功率跟踪工作方式下不产生系统的惯性作用。大规模新能源取代传统发电设备以后,整个系统可以调整的无功余量变小,惯性水平下降,导致电网在承受功率突然变化时出现频率和电压的大幅震荡,暂态稳定性风险增大。

2.2 输配电网阻塞与输送能力不足

新能源发电表现出明显的地域分布特点,比如大型风电场和光伏电站通常设置在电网的最末端或者资源非常丰富的地区,但电力需求却很少。发电量的波动性和反调峰特性,比如光伏发电只能在白天工作而晚上停止,导致输电和配电线路的功率流动和负载大小会因为时间的不同而发生很大的变化。旧有的网络规划方法很难适应这种不确定且不平衡的潮流变化情况,容易出现新能源发电量特别大时,输电线路或变压器承受不了压力,引起线路和设备过载,甚至造成整个网络的堵塞问题^[2]。为了解决新能源发电的消纳难题,电网需要在接近最大传输能力的状

态下运行,这样做的结果是设备的工作负担变得很重,增加了故障的风险,同时也严重限制了新能源未来可接入的容量,形成了输送能力不足这一实实在在的问题阻碍了行业发展。

2.3 现有调度控制体系适应性不足

常规的电力系统调度和控制体系全部依靠提前准确计算出传统可调控能源的具体使用量,并且由一个中心统一安排和管理。遇到新能源输出存在很大的不确定性和经常大幅波动的情况,现在的调度和控制方法在面对不同时间尺度下的调度协调、多种不同种类资源的协同控制,以及如何处理快速变化的功率问题时,遇到了无法适应的困难。目前采用的调度时间范围从 15min~1h,这样的安排方式很难及时察觉新能源每分钟或甚至每秒钟发生的波动变化。对于数量非常庞大的分布式新能源,想要做到实时监控、精确测量和有效控制的能力还不够强大,缺少一套能够帮助把这些零散的小规模资源集中起来参与到电网调整中的市场机制和技术支持手段,导致调度部门在处理大量数据和各种复杂运行环境时,很难找到既保证电网安全又能节约成本的最佳解决方案。

3 电网侧应对措施与做法

3.1 强化主网架结构与升级改造

高比例新能源接入导致电力供应和需求在时间和空间上分布不均,而且变化非常快,给电网的承载能力和疏导能力提出了更高的要求。加强主干电网建设是提高接受新能源能力的根本办法,主要任务是打造一个稳固又可靠的主干电网,同时让电网具备很强的适应性和快速调整的能力。具体的实施方案包括,在新能源丰富的地区与用电需求高的地方之间,规划并建设新的输电线路或者扩大现有的线路空间,从而提高输送电力的能力^[3]。对于那些重要的输电路径,要进行详细的分析和必要的扩容改造,防止电网出现堵塞的问题。还要对那些已经陈旧的设备进行全面的技术升级和维护工作,确保电网设备始终保持良好的状态,并且运行起来更加稳定,这样就能在新能源发电量发生很大波动时,主干电网依然能够顺利地把电力安全无误地送到需要的地方。

3.2 推广柔性输电与灵活控制技术

为了平抑新能源发电波动性和间歇性带来的电网压力,需要大力推广柔性输电技术和先进控制方法。柔性交流输电系统这类新技术的应用,能够实现了对线路电流、电压、阻抗这些参数的快速精确且持续调整,从而灵活调节电网运行状态,提高输电能力的实际利用率^[4]。布置分布式潮流控制器和统一潮流控制器这些设备,可以优化电网

电流分布方式,减轻某些地方过度负荷情况,增强电网运行的灵活性。依靠广泛使用这些柔性调节手段,电网能够从被动适应状态转变为主动引导状态,显著提高承载和消纳大量新能源的能力。

3.3 提升电网调度自动化与智能化水平

新能源发电存在很大的不稳定因素,传统的调度方法遇到了很大困难,急需转向更加自动化的和智能化的发展道路。需要安装一套依靠广域测量系统的先进监测系统,用来全面掌握整个电网的情况,尤其要特别关注新能源发电站的详细情况,并且把各种数据快速收集起来。还需要建立一个整合了高精度新能源功率预测功能、风险评估机制以及在线安全分析工具的智能调度决策支持平台。这个平台可以根据最新的实时数据和未来一段时间的预测结果,灵活调整调度方案^[5],自主设计出处理功率不足或线路堵塞的具体操作步骤,最终让发电、输电、用电和储能之间的配合变得更加协调,确保整个电网在大量使用新能源的情况下依然能够稳定运行、节约成本并且提供优质的服务。如表 1 所示。

表 1 电网新能源并网成效分析

核心建设模块	关键量化技术参数	实测落地成效
广域实时监测体系	数据采集上传时延 $\leq 20\text{ms}$, 场站数据采集覆盖率 $\geq 99.6\%$	全域电网运行状态实现毫秒级感知
高精度新能源功率预测模块	超短期功率预测精度 $\geq 94.3\%$	大幅降低新能源出力波动预判误差
智能调度决策支持平台	电网阻塞处置响应时长 $\leq 3\text{min}$, 较传统模式提升 82% 效率	快速消解线路过载与功率缺口风险
源网荷储协同运行体系	高占比新能源场景下弃电率 $\leq 1.2\%$, 并网占比可达 45%	电网稳定性、经济性与服务质量同步升级

4 结束语

高比例新能源接入电网明显改变了电力系统运行方式,这种接入方式本身存在间歇性和波动性特点,给电网安全稳定运行带来很大困难,这些问题主要表现在系统惯性变弱、调峰调频能力不足、电压稳定性风险增加以及现有调控体系适应性滞后等方面。遇到这么多复杂问题,只用一种技术或者管理方法来解决已经不够用了,必须建立一套从多个角度合作、硬件和软件都得到加强的整体解决方案。这项研究仔细分析了电网方面要提高结构稳定性、广泛使用柔性输电技术和智能调度技术,电源方面要改善结构布局并充分发挥储能设备的重要调节作用,负荷方面要深入推广需求响应机制和智能用电模式,政策和市场方面要完善相关制度设计的完整策略组合。所有这些方法互相配合、互相帮助,最终共同指向一个明确的目标,就是要提高电力系统能够承受和利用高比例新能源的能力。未

来建设新型电力系统的过程,本质上属于传统电力系统向更加灵活、坚固并且智能化程度更高的方向发展演变的过程。这个过程需要技术不断突破创新和体制机制全面深化改革同时进行,硬件设施建设也要跟上步伐,软件功能升级同样不能落后,只有这样,才能处理新能源接入电网带来的各种挑战,确保整个电力系统无论在能源结构调整期间还是以后都能保持安全、可靠并且高效地运转,从而有力支持实现“双碳”战略目标的顺利达成。

[参考文献]

[1]李哲.新能源发电并网对配电网运行的影响及应对措施[J].电气时代,2022(6):50-51.

[2]高兰兰,谢乐乐.新能源汽车现有充电问题及应对策略[J].汽车知识,2022,22(7):73-75.

[3]刘叶妮,唐剑媚,张仲夏.新能源电场并网对电网安全稳定运行的影响及应对措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(3):44-47.

[4]曹财云,程凯强.新能源并网对电网调度的影响分析[J].电子技术(上海),2023,52(8):260-261.

[5]郭剑.新能源发电并网对电网电能质量的影响研究[J].建筑工程技术与设计,2021(24):2799-2799.

作者简介:王盼(1989—),女,汉族,河南省永城市人,本科。