

The Influence of New Energy Power Grid Connection on Power Grid Frequency Stability

Zhongjiang Sun

Jinzhai Huaxi New Energy Development Co., Ltd., Lu'an, Anhui, 237000, China

Abstract

With the global demand for clean energy continuing to grow, the proportion of renewable energy in power generation is increasing, and its grid integration profoundly impacts grid frequency stability. This paper thoroughly explores the relationship between renewable energy grid integration and grid frequency stability. First, it elucidates the characteristics of renewable energy and the critical importance of grid frequency stability. Subsequently, it analyzes multiple factors affecting grid frequency stability due to renewable energy integration, including the intermittent and fluctuating nature of renewable generation, as well as changes in grid structure and control strategies after integration. Additionally, it examines current measures addressing frequency stability challenges posed by renewable energy integration. Through these studies, the paper aims to comprehensively understand the impact of renewable energy integration on grid frequency stability, provide theoretical references for ensuring safe and stable grid operation, promote more rational and secure integration and utilization of renewable energy in power grids, and advance the sustainable development of power systems.

Keywords

new energy power; grid connection; grid frequency stability

新能源电力并网对电网频率稳定性的影响

孙忠江

金寨华西新能源发展有限公司, 中国·安徽 六安 237000

摘要

随着全球对清洁能源的需求不断增长, 新能源电力占比攀升, 其并网深刻影响电网频率稳定性。本文深入探讨了新能源电力并网与电网频率稳定性之间的关系。首先阐述了新能源电力的特点以及电网频率稳定性的重要意义。接着从多个方面分析了新能源电力并网影响电网频率稳定性的因素, 包括新能源发电的间歇性、波动性等特性, 以及并网后电网结构和控制策略的改变。同时, 也探讨了当前应对新能源电力并网带来频率稳定性挑战所采取的一些措施。通过对这些方面的研究, 旨在全面认识新能源电力并网对电网频率稳定性的影响, 为保障电网的安全稳定运行提供理论参考, 以促进新能源电力在电网中更合理、更安全地并网与利用, 推动电力系统的可持续发展。

关键词

新能源电力; 并网; 电网频率稳定性

1 引言

在全球应对气候变化、推动能源转型的大背景下, 新能源电力作为清洁、可持续的能源形式, 正逐渐成为电力供应的重要组成部分。大量的风能、太阳能等新能源电力不断接入电网, 给电力系统带来了新的机遇与挑战。电网频率稳定性是电力系统安全稳定运行的关键指标之一, 它直接关系到电力设备的正常运行以及用户的用电质量。新能源电力并网改变了传统电网的电源结构与运行特性, 其具有间歇性、波动性等特点, 对电网频率稳定性产生了多方面的影响。深

入研究新能源电力并网对电网频率稳定性的影响, 对于保障电网的安全、稳定、高效运行, 推动新能源的进一步发展具有重要的现实意义。

2 新能源电力与电网频率稳定性的概述

2.1 新能源电力的特点

新能源电力主要包括太阳能、风能、水能、生物能等发电形式。其中, 太阳能光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应将光能直接转变为电能, 其发电依赖于日照强度, 只有在白天有阳光时才能发电, 且发电功率会随着光照强度的变化而快速变化。风能发电则是通过风力带动风车叶片旋转, 再透过增速机将旋转的速度提升, 来促使发电机发电, 风速具有随机性和间歇性, 导致风能发电的输出功率不稳

【作者简介】孙忠江(1992-), 男, 中国山东烟台人, 本科, 从事新能源电力行业研究。

定,时而高时而低,且难以精确预测。水能发电虽然相对较为稳定,但受季节和降水影响较大,在枯水期发电能力会明显下降。生物能发电则依赖于生物质资源的供应,其供应的稳定性和季节性也会对发电产生影响^[1]。总体而言,新能源电力具有间歇性、波动性、随机性等特点,与传统化石能源发电的稳定性和可预测性形成鲜明对比。

2.2 电网频率稳定性的重要性

电网频率是衡量电能质量的重要指标之一,我国电网的标准频率为 50Hz。电网频率稳定性是指电网在受到各种内外部干扰后,能够保持频率在规定范围内波动的能力。频率的稳定对于电力系统的安全稳定运行至关重要。一方面,电力系统中的许多电气设备,如电动机、变压器等,都是按照额定频率设计和制造的,只有在额定频率附近运行时,这些设备才能发挥最佳性能,保证其使用寿命和运行效率。如果电网频率偏离额定值过大,会导致电动机的转速发生变化,影响工业生产的正常进行,甚至可能损坏设备。另一方面,频率的不稳定还可能引发电网的连锁反应,导致电网瓦解,造成大面积停电事故,给社会经济和人民生活带来严重影响。因此,保障电网频率稳定性是电力系统运行管理的首要任务之一。

3 新能源电力并网影响电网频率稳定性的因素

3.1 新能源发电的间歇性对频率稳定性的影响

新能源发电的间歇性是其显著特点之一,以太阳能和风能发电最为突出。太阳能发电依赖于日照,夜晚和阴天时光伏发电几乎无法进行,导致发电出现间断。风能发电则取决于风速,风速不稳定且具有间歇性,当风速低于风力发电机的启动风速或高于其额定风速时,发电功率会大幅下降甚至停止发电。这种间歇性使得新能源电力不能像传统火电、水电那样持续稳定地供电。当新能源电力大量接入电网后,电网的电源供应变得不再连续和稳定,电网的功率平衡容易被打破。在新能源发电间歇期间,电网需要依靠其他电源来弥补功率缺额,如果其他电源的调节能力不足,就会导致电网频率出现波动,影响电网频率的稳定性^[2]。

3.2 新能源发电的波动性对频率稳定性的影响

新能源发电的波动性也是影响电网频率稳定性的重要因素。风速和光照强度的快速变化会导致新能源发电功率的快速波动。例如,短时间内风速的突然增大或减小,会使风力发电机的输出功率急剧上升或下降;光照强度的突然变化,如云层快速移动遮挡阳光,会使太阳能光伏发电功率瞬间改变。这种功率的快速波动会给电网带来较大的冲击,使电网的频率在短时间内发生较大幅度的变化。由于电网的惯性作用,频率的变化不会瞬间消失,而是会在一定时间内持续影响电网的运行。如果电网的频率调节装置不能及时有效地对这种波动进行调节,就可能導致电网频率超出允许的范围,威胁电网的安全稳定运行。

3.3 新能源电力并网后电网结构改变对频率稳定性的影响

新能源电力并网改变了传统电网的结构。传统电网通常以大型集中式发电厂为核心,通过输电线路向负荷中心供电,电网结构相对简单且具有较强的可控性。而新能源电力大多分布在偏远地区,如沙漠、海洋等,这些地区的新能源发电通过长距离输电线路接入电网,使得电网的结构变得更加复杂。长距离输电会增加电网的传输损耗和电压降落,降低电网的传输能力和稳定性^[3]。同时,新能源电力接入点的增加也使得电网的潮流分布更加复杂,传统的电网规划和运行方式难以适应这种变化。当电网结构发生改变后,电网的频率调节能力也会受到影响,一些原本有效的频率调节手段可能不再适用,从而增加了电网频率不稳定的风险。

3.4 新能源电力并网后电网控制策略改变对频率稳定性的影响

在传统电网中,频率控制主要依靠大型火力发电厂和水利发电厂的调节能力。这些发电厂可以根据电网频率的变化,快速调整发电机组的出力,以维持电网频率的稳定。然而,新能源电力并网后,由于新能源发电的特性,其调节能力相对较弱。新能源发电设备大多不具备快速调节出力的能力,无法像传统发电机组那样根据电网频率的变化及时调整发电功率。这就要求电网采用新的控制策略来应对新能源电力并网带来的挑战。但目前新的控制策略还不够成熟和完善,在实际应用中可能存在控制效果不佳、响应速度慢等问题,从而影响电网频率的稳定性。此外,不同类型的新能源发电在并网时的控制策略也存在差异,如何协调这些控制策略也是一个亟待解决的问题。

4 应对新能源电力并网影响电网频率稳定性的措施

4.1 加强新能源发电的预测

加强新能源发电的预测是提高电网频率稳定性的重要措施之一。通过对太阳能、风能等新能源发电功率的准确预测,电网调度部门可以提前了解新能源电力的发电情况,合理安排其他电源的发电计划,以应对新能源发电的间歇性和波动性。目前,新能源发电预测技术主要包括物理方法、统计方法和人工智能方法等。物理方法基于新能源发电的物理原理,结合气象数据等进行发电功率预测;统计方法通过对历史发电数据进行分析,建立统计模型来预测未来的发电功率;人工智能方法则利用机器学习、深度学习等技术,对大量的数据进行处理和分析,以提高预测的准确性。通过不断提高新能源发电预测的准确性,电网可以更好地应对新能源电力并网带来的频率稳定性挑战^[4]。

4.2 提高电网的调节能力

提高电网的调节能力是保障电网频率稳定性的关键。一方面,可以加强传统火力发电厂和水利发电厂的灵活性改

造,提高其调节速度和调节范围,使其能够更好地适应新能源电力并网后的电网运行要求^[9]。例如,对火力发电机组进行灵活性改造,使其能够在更短的时间内实现出力的快速调整,以应对新能源发电的功率波动。另一方面,可以加快发展储能技术,如电池储能、抽水蓄能等。储能技术可以在新能源发电过剩时储存多余的电能,在新能源发电不足时释放电能,起到平滑新能源发电功率波动、调节电网频率的作用。通过提高电网的调节能力,可以有效地应对新能源电力并网带来的频率稳定性问题。

4.3 优化电网结构

优化电网结构可以提高电网的传输能力和稳定性,降低新能源电力并网对电网频率稳定性的影响。一方面,可以加强电网的互联互通,建设坚强的智能电网,提高电网的输电能力和抗干扰能力。通过加强不同地区电网之间的互联,可以实现电力的互补和互济,减少新能源发电间歇性和波动性对局部电网的影响。另一方面,可以合理规划新能源电力的接入点和接入容量,避免新能源电力过度集中在某些地区,导致电网局部过载和频率不稳定。通过优化电网结构,可以为新能源电力的大规模并网提供有力的支撑,保障电网频率的稳定性。

4.4 完善电网控制策略

完善电网控制策略是应对新能源电力并网影响电网频率稳定性的重要手段。随着新能源电力在电网中占比的不断提高,需要建立更加灵活、智能的电网控制策略。一方面,可以加强对新能源发电的控制和管理,通过先进的控制技术,提高新能源发电设备的调节能力,使其能够更好地参与电网频率调节。另一方面,可以研究和应用新的控制算法和策略,如分布式控制、协同控制等,以提高电网控制的效率和准确性。同时,还需要加强电网调度部门与其他相关部门之间的协调与合作,建立统一的电网控制平台,实现对电网的实时监测和精准控制,保障电网频率的稳定性。

5 结论

在当今追求可持续发展的时代,新能源电力并网已然成为电力系统发展不可阻挡的必然趋势。新能源电力凭借其清洁、可持续的能源供应特性,为电力系统注入了新的活力,有助于减少对传统化石能源的依赖,降低碳排放,推动生态环境的改善。然而,我们在享受新能源电力带来诸多益处的同时,也必须清醒地认识到它给电网频率稳定性带来的多方面挑战。

新能源发电具有显著的间歇性和波动性特点。以太阳能为例,其发电依赖于日照,夜晚和阴天时发电能力几乎为

零,且白天不同时段的日照强度变化也会导致发电功率大幅波动;风能发电同样如此,风速的不稳定使得风力发电机组的输出功率难以保持恒定。这种间歇性和波动性直接导致新能源发电的输出功率不稳定,进而影响电网的功率平衡,使得电网频率容易出现波动。

此外,新能源电力并网后,电网的结构和控制策略也发生了改变。大量分布式新能源电源接入电网,使得电网的拓扑结构变得更加复杂,传统的集中式发电和传输模式被打破。同时,为了适应新能源电力的接入,电网的控制策略也需要进行相应的调整和优化,但在这一过程中,可能会出现控制策略与实际电网运行情况不匹配的情况,进一步威胁电网的安全稳定运行。

为了有效应对这些挑战,需要采取一系列切实可行的措施。首先,加强新能源发电的预测至关重要。通过运用先进的气象预报技术、大数据分析和人工智能算法,对新能源发电的功率进行精准预测,提前做好电网的调度和安排。其次,提高电网的调节能力也是关键。加大对灵活调节电源的建设,如抽水蓄能电站、燃气轮机等,增强电网对功率波动的调节能力。再者,优化电网结构,合理规划新能源电源的接入点和输电线路,提高电网的可靠性和稳定性。最后,完善电网控制策略,根据新能源电力的特点和电网的实际运行情况,制定更加科学合理的控制策略,实现对电网频率的精准控制。

通过这些措施的实施,可以有效地降低新能源电力并网对电网频率稳定性的影响,保障电网的安全、稳定、高效运行。未来,随着新能源技术的不断发展和电网技术的不断创新,相信新能源电力将在电网中得到更广泛、更安全的应用,为推动全球能源转型和可持续发展做出更大的贡献。同时,我们也需要持续关注新能源电力并网对电网频率稳定性的影响,不断探索更加有效的应对措施,以适应电力系统不断发展的需求。

参考文献

- [1] 许颖.新能源并网对电力系统稳定性的综合影响及优化策略[J].光源与照明,2024,(11):237-239.
- [2] 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.
- [3] 宋平凡,佟胜伟,段森园.新能源发电并网对电网电能质量的影响分析[J].通信电源技术,2019,36(12):139-140.
- [4] 薛渊,奚春平,张新亮.新能源并网对电力系统稳定性的影响及应对措施[J].中国电力企业管理,2025,(18):72-73.
- [5] 杨洋,李灵菊.新能源并网对电力系统稳定性的综合影响及优化应对策略[J].电气技术与经济,2025,(04):139-142.