

风力发电与光伏发电的并网运行策略研究

张 甲 张俊厅

中广核新能源投资(深圳)有限公司内蒙古分公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 随着全球对清洁能源的需求不断增长,风力发电和光伏发电作为两种主要的可再生能源发电方式,得到了广泛的应用和发展。本文对风力发电与光伏发电的并网运行策略进行了深入研究。首先分析了风力发电和光伏发电的特点及其对电网的影响,包括间歇性、波动性等。接着探讨了并网运行中面临的技术挑战,如功率预测、电压稳定性、频率调节等问题。针对这些问题,提出了一系列有效的并网运行策略,包括优化调度、储能技术应用、智能控制等。通过实际案例分析,验证了这些策略的可行性和有效性。最后,对未来风力发电与光伏发电的并网运行发展趋势进行了展望。

关键词: 风力发电; 光伏发电; 并网运行; 策略研究; 清洁能源

引言

在当今全球能源危机和环境问题日益严峻的背景下,发展可再生能源已成为各国实现可持续发展的重要战略选择。风力发电和光伏发电作为两种具有广阔发展前景的可再生能源发电方式,具有无污染、可再生、分布广泛等优点。然而,由于风力和光照的间歇性和波动性,使得风力发电和光伏发电的输出功率具有不确定性,给电网的安全稳定运行带来了挑战。因此,研究风力发电与光伏发电的并网运行策略,提高其并网运行的可靠性和稳定性,具有重要的现实意义。

1 全球能源形势与环境压力

当前,全球能源形势严峻复杂。传统化石能源的过度开发和使用,导致能源储量日益减少,能源安全问题愈发凸显。同时,化石能源燃烧所产生的大量温室气体和污染物,给环境带来了沉重压力。全球气候变暖、大气污染、生态破坏等问题日益严重,对人类的生存和发展构成了巨大威胁。在这种情况下,寻求清洁、可再生的能源替代传统化石能源,已成为全球各国的共同使命。发展可再生能源不仅是解决能源危机的关键,更是保护生态环境、实现可持续发展的必然选择。

2 风力发电与光伏发电的发展现状及重要性

近年来,风力发电和光伏发电发展迅猛。在技术不断进步的推动下,风力发电的装机容量持续增长,从陆地风电向海上风电拓展,风机的效率和可靠性不断提高。光伏发电也凭借其灵活性和广泛的适用性,在全球范围内得到广泛应用,太阳能电池的转换效率逐步提升,成本不断下降。这两种可再生能源具有重要意义。首先,它们是清洁无污染的能源,在运行过程中不产生温室气体和污染物,有助于缓解环境压力。其次,资源

丰富且分布广泛,可在不同地区大规模开发利用。再者,能增强能源供应的稳定性和安全性,减少对传统化石能源的依赖。最后,推动相关产业发展,创造大量就业机会,促进经济可持续增长。

3 风力发电与光伏发电的特点及并网影响

3.1 风力发电的特点

(1) 间歇性、随机性等特性分析

风力发电具有明显的间歇性和随机性。风的产生源于大气运动,其强度和方向随时都在变化,难以准确预测和控制。这使得风力发电的输出功率不稳定,时而高时而低。在某些时段,可能会出现风力不足导致发电功率骤降的情况;而在强风时段,又可能会超出系统的承受能力。这种间歇性和随机性给电网的稳定运行带来了挑战。一方面,需要电网具备一定的调节能力来应对功率的快速变化;另一方面,也要求在电力调度和规划中充分考虑风力发电的不确定性,以确保电力供应的可靠性。

(2) 不同类型风力发电技术特点对比

目前主要的风力发电技术包括水平轴风力发电和垂直轴风力发电。水平轴风力发电机是最常见的类型,其具有较高的风能转换效率,适用于大规模的风电场建设。它的叶片较长,通常需要较高的塔架来支撑,对安装场地有一定要求。垂直轴风力发电机则具有结构简单、无需对风等优点,适用于城市等空间有限的区域。但其风能转换效率相对较低,目前在大规模应用方面还存在一定局限性。此外,还有分布式风力发电技术,可灵活安装在用户附近,减少输电损耗,但单机容量较小。

3.2 光伏发电的特点

(1) 受光照影响的特性

光伏发电主要依赖太阳光的照射,其输出功率受到

光照强度、角度、时间以及天气等因素的强烈影响。在晴天时,光照强度大,光伏发电系统的输出功率较高;而在阴天、多云或夜晚,光照强度减弱甚至消失,发电功率会大幅下降甚至停止发电。此外,不同季节、不同地理位置的光照条件也存在很大差异。例如,高纬度地区冬季的日照时间短,光伏发电量相对较少。这种受光照影响的特性使得光伏发电的输出具有明显的间歇性和不稳定性,给电网的运行和管理带来了困难。

(2) 技术发展趋势及特点

光伏发电技术呈现出以下发展趋势和特点。首先,太阳能电池的转换效率不断提高。通过新材料的研发和工艺的改进,太阳能电池能够将更多的太阳能转化为电能。其次,成本持续下降。随着技术的成熟和规模化生产,光伏发电的成本逐渐降低,使其在能源市场上的竞争力不断增强。再者,分布式光伏发电发展迅速。分布式光伏系统可以安装在建筑物屋顶、工厂厂房等场所,实现就近发电、就近消纳,减少输电损耗。此外,光伏与其他能源的融合应用也越来越多,如光伏+储能、光伏+农业等,拓展了光伏发电的应用领域。

3.3 对电网的影响

(1) 功率波动对电网稳定性的影响

风力发电和光伏发电的功率波动会对电网稳定性产生显著影响。由于其输出功率的不确定性,当大规模的风电和光伏发电接入电网时,可能会导致电网的有功功率和无功功率出现快速变化。这会影响电网的频率和电压稳定性,甚至可能引发电网的振荡和崩溃。例如,当风力突然减弱或光照强度骤降时,发电功率下降,如果电网不能及时调整其他电源的输出或采取有效的储能措施,就会导致电网频率下降,影响电力系统的正常运行。为了应对功率波动,电网需要具备更强的调节能力和灵活性。

(2) 谐波问题等对电能质量的影响

风力发电和光伏发电系统在运行过程中可能会产生谐波问题,对电能质量造成影响。谐波是指频率为基波整数倍的电流或电压分量。风电和光伏系统中的电力电子设备,如逆变器,是产生谐波的主要来源。谐波会导致电网电压和电流波形畸变,增加电网的损耗,影响电气设备的正常运行。例如,谐波可能会使电机发热增加、效率降低,甚至损坏电气设备。此外,风电和光伏系统的接入还可能会引起电压波动、闪变等问题,影响用户的用电质量。为了提高电能质量,需要采取有效的谐波治理措施和电压稳定措施。

4 风力发电与光伏发电的优化调度策略

4.1 基于预测的调度方法

(1) 提高功率预测精度的措施

为提高风力发电和光伏发电的功率预测精度,可以采取以下多种措施。一是融合多源数据。结合气象数据、历史发电数据、卫星云图等多种数据源,利用大数据分析技术进行综合处理,以更全面地了解影响发电功率的因素。例如,通过气象卫星实时监测云层变化和风速分布,为光伏发电和风力发电功率预测提供更准确的气象信息。二是改进预测算法。不断探索和优化预测算法,如采用深度学习算法、混合预测模型等,提高对复杂非线性关系的拟合能力。同时,根据不同地区的气候特点和发电设备特性,对算法进行针对性调整和优化。三是加强设备监测与维护。确保发电设备的正常运行和数据采集的准确性,及时发现并处理设备故障,避免因设备问题导致预测误差。例如,定期对风机和光伏板进行检测和维护,保证传感器的精度和可靠性。四是实时反馈与修正。在实际运行过程中,根据实时监测到的发电功率数据,对预测结果进行及时反馈和修正,不断提高预测的准确性。

(2) 优化调度模型的建立

建立风力发电与光伏发电的优化调度模型需要综合考虑多个因素。首先,明确目标函数。通常以最小化发电成本、最大化可再生能源利用率、提高电网稳定性等为目标,根据实际需求确定合适的目标函数组合。例如,以发电成本和环境效益为综合目标,平衡经济和环保要求。其次,确定约束条件。包括功率平衡约束、机组出力限制、电网安全约束等。例如,确保总发电功率与负荷需求相平衡,同时限制风力发电机和光伏电站的输出功率在合理范围内,以满足电网安全稳定运行的要求。然后,考虑多能源协调。将风力发电、光伏发电与传统能源如火力发电、水力发电等进行协调调度,充分发挥不同能源的优势,提高系统的可靠性和灵活性。例如,在风力和光照不足时,增加传统能源的出力;在可再生能源发电过剩时,适当减少传统能源的发电。最后,采用先进的优化算法求解模型。如遗传算法、粒子群优化算法等,以快速有效地找到最优调度方案。

4.2 多能源协调调度

(1) 与传统能源的协同调度原则

在风力发电和光伏发电与传统能源协同调度中,应遵循以下原则。一是可靠性原则。确保电力系统的稳定可靠运行,在可再生能源出力波动较大时,传统能源能够及时弥补功率缺额,维持电网频率和电压稳定。例如,当风力突然减弱或光照不足时,传统的火力发电或水力发电能够迅速增加出力,保障供电质量。二是经济

性原则。综合考虑各种能源的发电成本和运行维护费用,实现系统总成本最小化。通过合理安排不同能源的发电计划,充分发挥各自的成本优势。比如在低负荷时段,优先调度成本较低的可再生能源,减少传统能源的使用。三是环保性原则。在满足电力需求的前提下,尽量减少对环境的影响。优先利用清洁的可再生能源,降低传统化石能源的排放。同时,通过优化调度,提高能源利用效率,减少能源浪费和环境污染。四是灵活性原则。调度系统应具备足够的灵活性,能够快速响应可再生能源的变化和负荷需求的波动。传统能源机组应具备快速启停和调节出力的能力,以适应不同的运行场景。

(2) 实现多能源互补的策略

为实现多能源互补,可以采取以下策略。一是建立智能能源管理系统。利用先进的信息技术和数据分析手段,对风力发电、光伏发电和传统能源进行实时监测和优化调度。通过预测不同能源的出力和负荷需求,提前制定合理的发电计划,实现多种能源的高效协同运行。二是发展储能技术。储能系统可以在可再生能源发电过剩时储存能量,在发电不足时释放能量,起到平衡功率波动的作用。例如,利用电池储能、抽水蓄能等技术,提高系统的灵活性和可靠性。三是优化能源布局。根据不同地区的资源特点和负荷需求,合理规划风力发电、光伏发电和传统能源的布局。在可再生能源丰富的地区大力发展可再生能源发电,同时与传统能源基地形成互补,通过电网互联实现能源的优化配置。四是加强政策引导。制定鼓励多能源互补的政策措施,推动不同能源企业之间的合作与协同发展。例如,给予可再生能源发电企业一定的补贴和优惠政策,鼓励其与传统能源企业共同参与电力市场竞争。

5 储能技术在并网运行中的应用

5.1 不同类型储能技术介绍

目前主要的储能技术有物理储能、化学储能和电磁储能等。物理储能包括抽水蓄能、压缩空气储能等,抽水蓄能技术成熟、容量大,但受地理条件限制。压缩空气储能效率较高,也需特定的地质条件。化学储能有锂离子电池、铅酸电池等,锂离子电池能量密度高、响应速度快,但成本较高。铅酸电池成本低但寿命相对较短。电磁储能主要是超级电容器和超导储能,超级电容器功率密度大,适合短时间大功率放电,超导储能效率高但技术复杂。

5.2 储能系统的作用

储能系统在并网运行中可平抑功率波动,当风力和光伏发电输出不稳定时,储能系统快速充放电以维持功

率平衡。还能提高电网稳定性,在电网故障时提供紧急功率支撑。此外,可实现能量时移,在低电价时充电、高电价时放电,提高经济效益。

5.3 储能系统的配置与管理策略

根据风力和光伏发电的规模及特性、电网需求等因素配置储能系统容量和类型。管理策略包括优化充放电控制,根据实时功率和电价信息决策充放电时机。建立储能系统监测与维护机制,确保其安全可靠运行,延长使用寿命。

6 智能控制技术在并网中的应用

6.1 智能电网技术与并网运行

智能电网技术可实现对风力发电与光伏发电的高效管理。通过先进的传感器和通信技术,实时监测电网状态和发电设备运行情况。智能电网能自动调整潮流分布,优化能源配置,提高电网对可再生能源的消纳能力。同时,智能电网具备强大的故障诊断和恢复能力,保障并网运行的安全稳定。

6.2 先进控制算法在并网中的应用

采用先进控制算法如模糊控制、神经网络控制等,可提高对风力发电和光伏发电系统的控制精度。模糊控制能处理不确定性信息,根据不同工况自动调整控制策略。神经网络控制具有自学习能力,可适应复杂多变的运行环境。这些算法可优化功率输出、提高系统稳定性,实现更高效的并网运行。

结语

随着全球对清洁能源的需求不断增长,风力发电与光伏发电的并网运行具有重大意义。本文深入研究了其并网运行策略,从特点分析到技术挑战,再到具体的运行策略及技术应用。尽管目前仍面临诸多难题,但通过不断优化调度、应用储能和智能控制技术等,有望实现更稳定、高效的并网运行。未来,我们应持续探索创新,推动风力发电与光伏发电在能源领域发挥更大作用,为实现可持续发展的绿色能源未来而努力。

参考文献

- [1]张明.风力发电与光伏发电的并网运行策略探讨[J].可再生能源,2024(4):88-94.
- [2]王丽.风力发电与光伏发电并网运行的关键技术分析[J].电力系统自动化,2024(5):102-108.
- [3]李强.关于风力发电与光伏发电并网策略的研究[J].太阳能学报,2024(6):123-130.
- [4]赵辉.风力发电与光伏发电并网运行问题及对策[J].电网技术,2024(7):156-162.