

电气工程中新能源并网技术与电网适应性研究

谭侃

湖北能源集团新能源发展有限公司 湖北 武汉 430000

摘要: 电气工程中新能源并网技术与电网适应性研究, 聚焦于解决新能源发电并网带来的电压波动、频率偏差及功率质量等问题。通过探索动态无功补偿技术、分布式能源管理系统及先进储能技术等优化策略, 本文旨在提升电网对新能源并网的适应性和稳定性。研究结果显示, 综合运用这些技术策略, 可有效缓解新能源并网对电网的冲击, 增强电网的整体运行效率和可靠性, 为新能源技术的进一步发展和应用提供坚实的理论基础和实践指导。

关键词: 新能源并网技术; 电气工程; 电网适应性; 优化策略

随着全球能源转型的加速推进, 新能源发电已成为电力行业的重要发展方向, 新能源发电的间歇性和不确定性给电网运行带来了诸多挑战。电气工程中新能源并网技术与电网适应性的研究显得尤为重要。本研究旨在深入探讨新能源并网对电网的影响, 分析现有并网技术的局限性, 并提出有效的优化策略, 以提升电网对新能源并网的适应性和稳定性, 为新能源的广泛应用和电网的可持续发展提供有力支持。

1 新能源并网技术概述

新能源并网技术是指将新能源发电系统(如太阳能光伏、风力发电等)与电力系统连接起来, 实现电力的互补和稳定供应。该技术通过先进的电力电子技术、控制技术和通信技术, 确保新能源发电系统的输出与电力系统的需求相匹配, 从而提高能源利用效率, 减少对传统能源的依赖, 并促进可持续发展。光伏并网技术是其中的重要组成部分, 包括集中式和分布式两种模式。集中式光伏并网技术将大规模的光伏发电系统接入电网, 通过变压器升压后供电; 而分布式光伏并网技术则将小型光伏发电系统分散接入电网, 满足局部区域的电力需求。风能并网技术也备受关注, 它采用恒速恒频或变速恒频方式, 将风能转化为电能并入电网。储能并网技术则通过集成储能系统, 实现电力的稳定和优化, 提高电网的可靠性和经济性。新能源并网技术的发展不仅依赖于技术的进步, 还需要政策的支持和市场的推动。

2 新能源并网技术在电气工程中的重要性

随着全球对清洁能源需求的日益增长, 新能源发电已成为电力系统的重要组成部分。新能源并网技术作为连接新能源发电系统与传统电网的桥梁, 其重要性不言而喻^[1]。第一、新能源并网技术能够确保新能源发电系统安全、稳定地接入电网, 实现电能的可靠传输和分配。这对于提高电力系统的整体稳定性和供电质量至关重要。

第二、新能源并网技术有助于优化能源结构, 减少对化石燃料的依赖, 推动能源生产和消费革命。通过大规模接入新能源发电, 电力系统能够更加灵活地应对能源需求的变化, 提高能源利用效率。第三、新能源并网技术还促进电气工程领域的技术创新和产业升级, 随着技术的不断进步, 新能源并网技术将不断融合新的电力电子技术、控制技术和通信技术, 推动电气工程向更加智能化、高效化的方向发展。新能源并网技术在电气工程中具有不可替代的重要性, 是推动能源转型和可持续发展的关键力量。

3 新能源并网对电网的影响

3.1 电压波动与稳定性

新能源并网对电网的首要影响体现在电压波动与稳定性方面。由于新能源发电, 特别是太阳能和风能, 具有显著的间歇性和不确定性, 其输出功率会随着天气条件(如光照强度、风速变化)的波动而大幅变化。这种输出功率的波动直接反映在并网点的电压上, 导致电网电压出现波动现象。对于电网而言, 电压的稳定性是保障供电质量和设备安全运行的基础。新能源并网后, 电网需要具备更强的电压调节能力和更快的响应速度, 以应对新能源发电带来的电压波动。电网企业需优化电压控制策略, 引入先进的电压调节设备, 如静止无功补偿器(SVC)、静止同步补偿器(STATCOM)等, 以提高电网的电压稳定性。新能源并网还促使电网企业加强电网结构的优化和升级, 通过增加输电线路的冗余度、提升变电站的容量和智能化水平等措施, 提高电网的整体抗扰动能力和电压支撑能力。这些措施的实施, 不仅有助于缓解新能源并网带来的电压波动问题, 还能提升电网的整体运行效率和可靠性。

3.2 频率偏差

新能源并网对电网频率的影响同样不容忽视。在

传统电力系统中，电网频率主要由大型同步发电机组的转速决定，并通过电网的负荷调节和自动发电控制（AGC）系统保持相对稳定。新能源发电系统，尤其是基于电力电子变换器的逆变型电源（如光伏逆变器、风力发电机变频器），其输出频率并不直接受电网频率的约束，而是通过控制策略与电网频率保持同步。当新能源发电系统大规模并网时，如果其输出功率的波动与电网负荷的波动不同步，就可能导致电网频率出现偏差。这种频率偏差虽然通常较小，但在极端情况下仍可能对电网的安全稳定运行构成威胁。

3.3 功率质量问题

新能源并网还会对电网的功率质量产生影响。功率质量是衡量电能质量的重要指标之一，包括电压波动、谐波、三相不平衡等多个方面。新能源发电系统，特别是基于电力电子变换器的逆变型电源，在并网过程中可能产生大量的谐波和电压波动，对电网的功率质量造成不利影响。谐波问题主要由电力电子变换器中的开关器件引起，其高频开关动作会产生丰富的谐波成分，这些谐波会通过电网传播到其他设备和用户端，影响设备的正常运行和用户的用电体验。新能源发电系统的输出功率波动还可能导致电网的三相不平衡问题加剧。三相不平衡不仅会影响设备的运行效率和寿命，还可能引发电网故障^[2]。

3.4 电网适应性

新能源并网对电网的适应性提出了更高要求。随着新能源发电技术的不断发展和应用规模的持续扩大，电网需要不断适应新能源发电的特点和需求，实现与新能源发电系统的深度融合和协同发展。电网企业需要加强新能源发电的预测和调度能力，通过引入先进的气象预测技术、负荷预测技术和大数据分析技术，提高新能源发电功率预测的准确性和可靠性，为电网的调度和运行提供有力支持。电网企业需要优化电网结构和布局，提高电网的灵活性和可调度性，通过加强电网的互联互通、提高输电能力、建设智能电网等措施，增强电网对新能源发电的接纳能力和适应能力。电网企业还需要加强与新能源发电企业的合作与协调，共同推动新能源并网技术的研发和应用。通过制定统一的技术标准和规范、建立信息共享和协同调度机制等措施，促进新能源发电与电网的深度融合和协同发展。

4 新能源并网技术与电网适应性的优化策略

4.1 动态无功补偿技术：提升电网电压稳定性的关键

由于新能源发电（如风电和光伏）具有显著的间歇性和不确定性，其输出功率的波动往往导致电网电压出

现波动，影响供电质量和系统稳定性。动态无功补偿技术通过快速响应并补偿电网中的无功功率，有效抑制电压波动，提高电网的电压稳定性。其中，静止同步补偿器（SVG）作为先进的动态无功补偿设备，正逐步成为新能源并网场景下的首选解决方案。SVG能够实时监测电网的电压和电流变化，利用全控型电力电子器件（如IGBT）进行快速的无功功率输出控制，从而迅速响应电网中的无功需求变化。其独特的瞬时电压支撑能力和高精度的无功补偿性能，使得SVG在抑制电压波动、提高电压稳定性方面表现出色。在具体应用中，SVG可以安装在新能源发电站的并网附近，通过就地补偿新能源发电带来的无功波动，减少对电网主系统的影响。同时，SVG还可以与电网中的其他无功补偿设备（如电容器组、SVC等）协同工作，形成无功补偿网络，进一步提升电网的整体无功调节能力和电压稳定性。随着智能电网技术的发展，SVG还可以与电网调度系统实现信息共享和协同控制，通过远程监控和智能调度，实现SVG在不同工况下的最优控制策略，进一步提高电网的智能化水平和运行效率。

4.2 分布式能源管理系统：促进新能源与电网的深度融合

分布式能源管理系统（DEMS）是新能源并网技术与电网适应性优化的另一重要策略。随着新能源发电的快速发展和分布式发电系统的广泛应用，传统的集中式电网管理模式已难以满足新能源并网的需求。DEMS通过集成先进的信息技术、通信技术和控制技术，实现对分布式能源资源的统一管理和优化调度，促进新能源与电网的深度融合。DEMS的核心功能包括数据采集与监控、能源预测与调度、故障检测与恢复等。通过实时采集分布式能源系统的运行数据，DEMS能够准确掌握新能源发电的出力情况和电网的负荷需求，为优化调度提供数据支持。基于大数据分析和机器学习算法，DEMS能够实现新能源发电功率的精准预测，为电网的调度和运行提供有力保障^[3]。在优化调度方面，DEMS能够根据电网的负荷需求和新能源发电的出力情况，制定合理的调度计划，实现新能源发电与电网负荷的协调匹配。通过优化调度策略，DEMS能够减少新能源发电的弃电现象，提高新能源的利用率和电网的经济性。DEMS还具备强大的故障检测和恢复能力，通过实时监测分布式能源系统的运行状态和电网的故障信息，DEMS能够迅速定位故障点并采取相应的恢复措施，确保电网的安全稳定运行。

4.3 先进的储能技术：增强电网的灵活性和可调度性

先进的储能技术是新能源并网技术与电网适应性优

化的重要支撑。储能技术能够解决新能源发电的间歇性和不确定性问题,提高电网的灵活性和可调度性。通过引入储能系统,电网可以在新能源发电出力不足时释放储存的电能,在新能源发电出力过剩时吸收多余的电能,实现电能的平衡和稳定供应。目前,市场上存在多种类型的储能技术,包括抽水蓄能、压缩空气储能、电池储能等。其中,电池储能技术因其响应速度快、调节灵活、效率高等优点而备受关注。随着电池技术的不断进步和成本的降低,电池储能系统在新能源并网中的应用越来越广泛。在新能源并网场景下,储能系统可以与新能源发电系统相结合,形成“源-储-荷”一体化的能源系统。通过优化储能系统的充放电策略和控制策略,实现新能源发电与电网负荷的协调匹配和互补互济。储能系统还可以作为电网的备用电源和应急电源,在电网故障或紧急情况下提供可靠的电力支持。储能技术还可以与智能电网技术相结合,实现储能系统的智能化管理和优化调度。通过构建基于物联网和云计算的智能储能管理系统,实现对储能系统的远程监控和智能控制,提高储能系统的运行效率和可靠性。智能储能管理系统还可以与电网调度系统实现信息共享和协同调度,进一步提高电网的灵活性和可调度性。

4.4 多能源互补发电系统:增强电网能源供应的可靠性和稳定性

多能源互补发电系统作为新能源并网技术与电网适应性优化的重要策略之一,旨在通过整合不同类型的能源资源,实现能源间的优势互补,从而增强电网能源供应的可靠性和稳定性。该系统通常包括太阳能、风能、水能、生物质能等多种可再生能源,以及可能的传统能源如天然气或小型水电站的配合。在多能源互补发电系统中,各类能源资源根据其自然特性和运行特性进行科学合理的配置和调度。通过多能源互补,不仅能够减少单一能源波动对电网的影响,还能提高整个能源系统的综合利用率和经济效益。多能源互补发电系统还具备较好的环境适应性。由于各类能源资源分布广泛且各有优势,通过科学规划和布局,可以在保障能源供应的同时,降低对环境的负面影响,实现绿色可持续发展。

4.5 智能电网技术应用:提升电网智能化水平和运行效率

智能电网技术是实现新能源并网技术与电网适应性优化的关键技术之一。智能电网通过集成先进的信息技术、通信技术和控制技术,实现对电网的全面感知、智能分析和高效调度,从而提升电网的智能化水平和运行效率^[4]。在新能源并网场景下,智能电网技术能够实时监测新能源发电设备的运行状态和电网的负荷需求,通过大数据分析和智能算法预测未来发电和负荷趋势,为电网调度提供精准的数据支持。智能电网技术还能够根据电网的运行状况自动调整控制策略,实现新能源发电与电网负荷的协调匹配,提高电网的灵活性和稳定性。智能电网技术还具备强大的故障检测和恢复能力,通过实时监测电网的运行状态和故障信息,智能电网能够迅速定位故障点并采取相应的恢复措施,缩短故障停电时间,提高电网的供电可靠性和用户满意度。

结束语

综上所述,电气工程中新能源并网技术与电网适应性研究具有重要意义。随着新能源发电技术的不断进步,优化并网技术和提升电网适应性成为保障电力系统稳定运行的关键。本文所探讨的技术策略为新能源并网提供有效的解决方案,并展示其在提升电网稳定性和可靠性方面的显著成效。未来,随着技术的不断创新和应用,新能源并网技术将更加成熟和完善,为电力行业的可持续发展注入新的活力。

参考文献

- [1]王伟胜,董存.新能源并网技术研究进展[J].电力系统自动化,2021,45(1):17-27.
- [2]陈硕翼,张丽.光伏发电并网技术发展现状与趋势[J].科技导报,2024,42(2):13-25.
- [3]刘思源,艾芊,郑建平.多时间尺度的多虚拟电厂双层协调机制与运行策略[J].电力系统自动化,2018,38(3):753-761.
- [4]赵文江.有关风电新能源发展与并网技术的探讨[J].电子制作,2017(18):73-74.