

风光互补发电对电网的影响分析

朱黎

云南能源职业技术学院

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6437

[摘要] 本文深入分析了风光互补发电对电网的影响。随着全球对清洁、可持续能源需求的增长,风光互补发电作为一种新型能源供应方式,正逐渐受到广泛关注。本文首先概述了风力发电和太阳能发电的技术原理及特点,进而阐述了风光互补发电技术的原理及其优势。通过探讨风光互补发电接入电网的技术要求和并网关键技术,本文分析了其对电网频率、电压、稳定性、调度以及负荷预测等方面的影响。最后,本文提出了优化风光互补发电系统设计、提高电网调度与管理水平、加强电网基础设施建设、推广储能技术应用以及完善相关政策和法规等应对措施,旨在为风光互补发电的广泛应用和电网的可持续发展提供有益参考。

[关键词] 风光互补发电; 可再生能源; 并网技术

中图分类号: P754.1 **文献标识码:** A

Analysis of the Impact of Wind Solar Complementary Power Generation on the Power Grid

Li Zhu

Yunnan Energy Vocational and Technical College

[Abstract] This paper deeply analyzes the impact of wind solar hybrid power generation on power grid. With the growth of global demand for clean and sustainable energy, wind solar hybrid power generation, as a new energy supply mode, is gradually receiving widespread attention. This paper first summarizes the technical principles and characteristics of wind power generation and solar power generation, and then expounds the principles and advantages of wind solar complementary power generation technology. By discussing the technical requirements and key technologies of wind solar hybrid power generation connected to the grid, this paper analyzes its impact on grid frequency, voltage, stability, dispatching and load forecasting. Finally, this paper puts forward some countermeasures, such as optimizing the design of wind solar hybrid power generation system, improving the level of power grid dispatching and management, strengthening the construction of power grid infrastructure, promoting the application of energy storage technology and improving relevant policies and regulations, in order to provide a useful reference for the wide application of wind solar hybrid power generation and the sustainable development of power grid.

[Key words] wind solar hybrid power generation; renewable energy; grid connected technology

1 研究背景

在全球范围内,对于清洁和可持续能源的需求正日益增长,风光互补发电作为一种创新的能源供应模式,正日益受到重视。传统的电力系统主要依赖于煤炭、石油等非可再生能源,这些能源的供应存在一定的限制和风险,且会对环境造成污染。而风光互补发电系统则通过整合风能和光能这两种可再生能源,为解决能源供应的可持续性和稳定性问题提供了新的思路。该系统通过风力发电机将风能转换为机械能,进而再转换为电能;与此同时,它还借助太阳能电池板的光伏效应,实现光能向电能的直接转换。这两种能源在时间分布和地理分布上呈现出显著的互

补特性,有效地应对了可再生能源供应的波动性和间歇性问题,从而为稳定和连续的能源供应提供了可行的解决方案。

1.1 研究目的与意义。本研究旨在深入分析风光互补发电对电网的影响,探讨其在实际应用中的优势和挑战。具体研究目的包括:评估风光互补发电系统对提高电网稳定性和安全性的作用;分析该系统如何促进电网的升级和智能化;探讨风光互补发电在推动电网向低碳、环保方向发展方面的潜力;以及识别并研究该系统在建设 and 运营过程中面临的技术、经济和管理上的挑战。

本研究对于推动风光互补发电系统的广泛应用和电网的可

持续发展具有重要意义。首先,通过深入分析风光互补发电对电网的影响,可以为电力系统的规划和设计提供科学依据,有助于提高电网的稳定性和安全性。其次,研究风光互补发电如何促进电网的升级和智能化,可以为电力系统的智能化转型提供有益的参考和启示。此外,本研究还有助于推动电网向低碳、环保方向发展,符合全球应对气候变化和可持续发展的需求。最后,通过识别并研究风光互补发电系统在建设和运营过程中面临的挑战,可以为相关政策的制定和实施提供有针对性的建议,促进该系统的广泛应用和可持续发展。

2 电网运行基本原理及风光互补发电接入要求

2.1 电网运行基本原理。电网运行基本原理主要涉及电力系统的发电、输电、变电、配电和用电五个环节。首先,发电环节通过火力、水力、风力和太阳能等能源形式,将一次能源转换为电能。接着,电能进入变电环节,通过变压器将电压升高或降低,以满足不同用户的用电需求。在配电环节,电网将电能分配给各个用户,包括工业、商业和居民用户。最后,用电环节是用户根据自身需求,将电能转换为其他形式的能量,如光能、热能和机械能等。整个电网运行过程中,要求系统保持稳定、可靠,且具有良好的电能质量。风光互补发电接入电网时,需满足一定的技术要求,确保其与电网的兼容性,为我国能源结构优化和可持续发展贡献力量。

2.2 风光互补发电接入电网的技术要求。风光互补发电接入电网的技术要求主要涉及以下几个方面:首先,风光互补发电系统需要具备良好的功率调节能力,以适应电网的频率和电压波动,确保在电网负荷变化时能够快速响应,维持电网的稳定运行。其次,系统应具备一定的抗干扰能力,能够在电网故障时保持稳定运行,避免因电网问题导致的风光发电设备脱网。此外,风光互补发电系统在接入电网时,其输出电能质量必须满足国家规定的标准,包括电压偏差、频率偏差、谐波含量、三相不平衡度等指标,以保证电网的电能质量不受影响。同时,系统应具备完善的保护功能,能够在发生内部故障时及时切除故障部分,防止事故扩大,并确保电网的安全。最后,风光互补发电系统还需具备远程监控和数据传输能力,以便于电网调度部门实时掌握发电系统的运行状态,实现集中监控和调度管理。

2.3 风光互补发电并网关键技术。风光互补发电并网关键技术主要包括以下几个方面:首先,电力电子技术在风光互补发电系统中扮演着核心角色,通过逆变器等设备实现直流电与交流电的转换,以及电网同步,确保电能以稳定的频率和电压并入电网。接下来,最大功率点跟踪(MPPT)技术对于提升风光互补发电系统的效率扮演着至关重要的角色。该技术能够动态地调节系统的工作状态,确保风力发电机和光伏电池板在多变的环境条件下,始终能够达到最大功率的输出。通过这种实时调整,系统的能量转换效率得到了显著增强。此外,电网适应性技术也是并网的关键,包括电网电压和频率的监测与控制,以及电网故障时的孤岛检测与保护,确保系统在电网异常时能够安全地与电网断开连接。同时,电能质量控制技术对于风光互补发电系统至关

重要,它涉及到谐波抑制、无功功率补偿和电压波动抑制等方面,以保证并网电能的质量符合国家标准。另外,储能技术的应用也是风光互补发电并网的关键,通过储能系统可以平滑风光发电的波动性,提高系统的可靠性和稳定性。最终,智能调度与优化技术的应用,为风光互补发电系统带来了远程监控和智能管理的可能性。该技术利用先进算法对发电量、负载需求以及电网状态进行即时分析,并执行优化调度,从而显著提升了系统的整体运行效率及经济性。集成和应用这些关键技术,为风光互补发电系统实现高效并网提供了坚实的技术保障。

3 风光互补发电对电网的影响

3.1 电网频率波动。风光发电具有随机性、波动性和间歇性,其出力会随着气象条件的变化而快速变化,导致电网有功功率平衡难度增大,进而影响电网频率的稳定。例如,西班牙曾因极端天气导致风光发电量在数小时内锐减30%,电网频率骤降至48.8Hz,低于欧洲标准的49.5Hz下限,最终引发停电。

风光发电设备通常采用电力电子设备接入电网,运行于最大功率跟踪状态,不参与电网频率耦合过程,对电网几乎不体现惯量响应,也无一次调频能力,这进一步削弱了电网的频率调节能力。

3.2 电网电压波动。风光发电的出力变化会直接影响电网的电压水平。当风光发电出力突然增加或减少时,会导致电网电压的快速上升或下降。例如,西班牙部分风光机组未普遍安装“低电压穿越”功能,对电网电压波动敏感,电压轻微振荡即触发保护性停机。

风光发电的分布与负荷中心往往不匹配,需要通过长距离输电线路将电力输送到负荷中心。这种远距离输电会导致线路损耗增加,进一步加剧电压波动。

3.3 电网稳定性下降。风光发电的随机性和波动性增加了电网的不确定性,使得电网的惯量水平降低,调频能力变差,抗扰性减弱。当电网受到扰动时,系统频率和电压的稳定性更容易受到冲击,可能导致系统频率和电压的大幅波动,甚至引发连锁故障。

风光发电设备的不当运行控制策略可能恶化系统频率振荡模式,降低系统的稳定性。

3.4 调度和负荷预测的复杂性增加。风光发电的出力受气象条件的直接影响,具有很强的随机性和不确定性,这使得电网调度部门难以准确预测其出力。调度人员需要实时关注气象变化,并根据风光发电的预测出力调整其他电源的出力,以维持电网的供需平衡。

风光发电的大规模接入还使得电网的负荷特性更加复杂。一方面,风光发电的间歇性导致电网的净负荷(系统负荷与风光出力的差值)波动加剧;另一方面,新型负荷如电动汽车、电锅炉等的大量接入,进一步增加了负荷的不确定性。这些因素都使得电网的调度和负荷预测难度大幅增加。

4 风光互补发电对电网影响的应对措施

4.1 优化风光互补发电系统设计。优化风光互补发电系统设计是应对其接入电网影响的重要措施,旨在提高系统的可靠性

和经济性,同时确保电网的稳定运行。在设计过程中,首先应充分考虑当地的自然资源条件,包括风速、太阳辐射强度、温度等环境因素,以及地形地貌对风光资源分布的影响,通过精确的资源评估确保系统设计的合理性和高效性。其次,合理配置风光互补发电系统中风机和光伏组件的容量比例,通过模拟分析不同配置下的发电性能,找到最优的容量配比,以实现风能和太阳能的互补效应,减少因单一能源波动导致的发电不稳定。此外,设计中还应采用先进的电力电子技术,提高逆变器和控制系统的性能,确保电能的高质量输出,减少对电网的冲击。同时,集成高效的储能系统,通过储能技术的应用,不仅可以平抑风光发电的波动,还能提供调峰、调频等辅助服务,增强系统的灵活性和响应能力。此外,系统设计还应考虑电网的接入要求,包括并网电压等级、电能质量标准、电网保护措施等,确保风光互补发电系统在并网运行时能够满足电网的规范要求。最后,通过采用智能化监控和管理系统,实现风光互补发电系统的实时数据采集、故障诊断、远程控制等功能,提升系统的自动化水平和运维效率,降低运行成本。通过上述措施,可以有效地优化风光互补发电系统设计,使其更好地适应电网需求,减少对电网的不利影响,促进新能源的友好接入和高效利用。

4.2提高电网调度与管理水平。确保风光互补发电系统的高效运作及电网的安全稳定,关键在于提升电网的调度与管理水平。随着可再生能源在能源结构中占比的上升,电网调度遭遇了前所未有的挑战,迫切需要采纳更为尖端的技术和策略以优化调度流程。这涉及到运用智能调度系统,进行发电与负荷预测,以及对电网状态的实时监控,从而更精确地平衡供需,降低能源损耗。此外,通过增强管理效率,对调度人员进行专业化的培训,以提升应对突发事件的技能,保障电网在复杂且多变的电力市场环境中,能够灵活适应并维持最佳运行状态。进一步推动调度管理的市场化改革也至关重要,通过引入竞争机制,促进资源的合理分配,进而提升电网的整体运行效率。

4.3加强电网基础设施建设。加强电网基础设施建设是支撑风光互补发电系统大规模接入和保障电网可靠运行的基础。随着新能源发电技术的发展,对电网的输电、变电和配电能力提出了更高要求。因此,必须加大对电网基础设施的投资力度,升级改造现有设施,提高其智能化和自动化水平。这包括建设更多的输电线路和变电站,采用高压直流输电技术,减少输电损耗,提升长距离输电能力。同时,要加强配电网的建设,提高配电网的灵活性和互动性,确保新能源电力能够高效、稳定地输送到用户端。通过这些基础设施的加强,可以有效地解决新能源发电的间歇性和不稳定性问题,为电网的可持续发展提供强有力的物理支撑。

4.4推广储能技术在风光互补发电中的应用。在风光互补发电系统中,储能技术的融入扮演了增强系统稳定性和提升电能利用效率的核心角色。伴随着储能技术的持续进步和成本降低,其在风光互补发电领域的应用日益显得至关重要。储能系统具备在风能和太阳能发电的高峰期间存储能量,并在发电低谷或

用电高峰时段释放能量的能力,有效地均衡了发电与用电的供需,减少了弃风弃光的情况,同时提升了系统的经济和环境效益。储能技术的广泛应用不仅增强了风光互补发电系统的自主运行和自给自足的能力,还为电网提供了调峰、调频、备用等辅助功能,进一步推动了新能源电力的大规模接入和电网智能化进程。

4.5完善相关政策和法规。为了促进风光互补发电的健康发展和电网的稳定运行,完善相关政策和法规是不可或缺的一环。这要求政府层面出台一系列支持性政策,包括但不限于财政补贴、税收优惠、电价政策等,以激励风光互补发电项目的投资和建设。同时,需要制定明确的法规标准,规范风光互补发电系统的规划、设计、建设和运营,确保其与电网的兼容性和安全性。此外,政策法规的完善还应涵盖储能技术的发展和应用,为储能系统在风光互补发电中的推广提供法律保障和市场引导。通过这些政策和法规的完善,可以营造一个公平、开放、竞争的市场环境,推动风光互补发电技术的创新和产业的可持续发展。

5 结论

风光互补发电作为一种清洁、可持续的能源供应方式,对电网产生了深远的影响。通过整合风能和太阳能这两种在时间分布上具有较强互补性的能源,风光互补发电系统能够在不同时间和气候条件下持续稳定地提供电能输出,提高了能源利用效率。然而,其接入电网也带来了一系列挑战,包括电网频率和电压的波动、电网稳定性的下降以及调度和负荷预测的复杂性增加等。

为了应对这些挑战,本文提出了多项措施。优化风光互补发电系统设计,合理配置风机和光伏组件的容量比例,采用先进的电力电子技术和储能系统,可以提高系统的可靠性和经济性,减少对电网的冲击。同时,提高电网调度与管理水平,加强电网基础设施建设,推广储能技术的应用,并完善相关政策和法规,也是确保风光互补发电系统高效运行和电网安全稳定的关键措施。

随着新能源技术的不断发展和完善,风光互补发电将在全球能源结构中占据越来越重要的地位。因此,我们需要持续关注和研究风光互补发电对电网的影响,不断优化技术和管理措施,以推动新能源的友好接入和高效利用,为全球应对气候变化和可持续发展做出贡献。

[参考文献]

- [1]申建建,王月,程春田.水风光多能互补发电调度问题研究现状及展望[J].中国电机工程学报,2022,42(11):3871-3885.
- [2]张亚丽.基于风光互补联合发电系统的研究[J].电工技术,2021,(21):77-78+82.
- [3]刘磊.风光互补微电网系统在配网改造中的应用研究[J].电力设备管理,2020,(11):132-134.

作者简介:

朱黎(1982—),男,汉族,云南省富源县人,电力工程硕士,高校讲师,研究方向:新能源发电技术,电力电子技术。