

风力发电电气控制技术应用分析

李世榕

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要] 随着对可再生能源不断追求, 风力发电作为一种清洁、可持续的能源形式逐渐受到关注。然而, 风力发电系统的性能和效率受到多种因素影响, 其中电气控制技术的优化对于提高风力发电系统整体性能至关重要。文章通过对风力发电系统的设备状况和外部因素的影响进行分析, 揭示当前风力发电行业面临现状, 重点探讨风力发电中电气控制技术的应用, 为推动可再生能源的发展、提高风力发电系统的经济性和环境适应性提供理论和实践支持。

[关键词] 风力发电; 电气控制技术; 变桨距发电技术; 失速发电技术

DOI: 10.33142/hst.v7i6.12528

中图分类号: TM614

文献标识码: A

Electrical Control Technology and Application Analysis of Wind Power Generation

LI Shirong

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the continuous pursuit of renewable energy, wind power generation as a clean and sustainable form of energy is gradually receiving attention. However, the performance and efficiency of wind power generation systems are affected by various factors, among which the optimization of electrical control technology is crucial for improving the overall performance of wind power generation systems. This article analyzes the equipment condition of wind power generation systems and the impact of external factors, reveals the current situation of the wind power generation industry, and focuses on exploring the application of electrical control technology in wind power generation, providing theoretical and practical support for promoting the development of renewable energy, improving the economic and environmental adaptability of wind power generation systems.

Keywords: wind power generation; electrical control technology; variable pitch power generation technology; stall power generation technology

引言

随着传统能源的有限和环境问题的凸显, 可再生能源的开发和利用成为全球能源领域的重要方向^[1]。风力发电因其无污染、取之不尽、风能资源分布广泛等优势逐渐成为主流可再生能源之一。然而, 风力发电系统面临的挑战仍然不可忽视。风力发电系统中的风机、变流器、发电机等组件需要通过高效的电气控制系统协同运行, 以确保在不同风速和外部环境变化下能够保持系统的稳定性和高效性。因此, 深入研究风力发电电气控制技术, 寻找创新的控制策略, 对提高风力发电系统的整体性能, 促进可再生能源的可持续发展具有重要的现实意义。本文全面了解风力发电系统中电气控制技术的现状, 通过深入分析不同电气控制技术的应用, 旨在为风力发电系统的设计、运行和维护提供科学依据, 推动风力发电技术不断进步。

1 风力发电和电气控制技术简介

风力发电是一种利用风能转换为电能的可再生能源技术, 其核心原理是利用风力驱动风力发电机发电, 通常由风轮、发电机和控制系统组成, 风轮根据风力的大小和方向转动, 带动发电机转子产生电能, 而电气控制技术则是确保风力发电系统高效运行的关键。其主要任务包括风机控制、功率转换、电网连接和故障保护等, 风机控制涉及到风机的启动、停止、转速调节等, 以最大限度地捕获

风能并保持系统稳定运行, 功率转换则通过变流器将风机发出的交流电转换为电网所需的交流电, 同时保证输出电能的质量和稳定性; 电网连接确保风力发电系统与电网的协调运行, 使风能的利用更加灵活和高效; 而故障保护则是通过监测系统运行状态, 及时识别并处理异常情况, 确保系统安全可靠。

在电气控制技术方面, 变桨距发电技术通过调节叶片的角度来控制风机转速, 适用于风速较低的情况; 定桨距失速发电技术则通过调节叶片角度和发电机转速来实现最佳功率输出, 适用于中等风速范围; 而主动失速发电技术通过主动调整叶片的桨距, 优化风能的捕获效率, 提高系统的性能和稳定性。综合而言, 风力发电技术与电气控制技术的结合推动了风能资源的高效利用和清洁能源的发展, 对应对能源危机、减少环境污染、实现可持续发展具有重要意义。

2 风力发电的现状

2.1 风力发电系统的设备不够完善

风力发电作为一种可再生能源形式, 虽然取得了显著的进展, 但其系统设备不足之处仍然存在^[2]。首先, 风力发电系统设备包括风机、发电机、叶片等关键组件, 其设计和性能直接关系到系统的发电效率和可靠性。目前, 一些风力发电机的叶片设计仍受到材料和结构的限制, 导致

在极端气象条件下性能不稳定,影响系统的可靠性。同时,风机的转子结构和轴承系统仍有待改进,以提高系统的耐久性和抗风险能力。其次,风力发电系统在不同环境条件和外部因素的影响下,设备性能表现出不稳定,受到风速、气温、湿度等多种因素的制约,系统在极端条件下容易出现性能波动或设备故障,影响系统的稳定运行,影响风力发电的可靠性和可用性。最后,风力发电系统的运维和维护面临挑战,尤其是在远离城市的风电场。设备的监测、故障诊断和及时维修成为复杂而耗时的任务,影响系统的可用性和运行效率,对于海上风电场而言,海洋环境对设备的腐蚀和损耗增加了维护的难度和成本。总体而言,风力发电系统设备不够完善主要表现在设计和制造技术的瓶颈、性能在极端条件下的不稳定性以及运维难度较大等方面。随着科技的发展和工程经验的积累,相信风力发电系统的设备将逐步迈向更加成熟和完善的阶段。

2.2 风力发电受外界因素的不利影响

尽管在全球范围内风力发电取得可观进展,然而,其现状受到外界因素不利影响,对系统可靠性和稳定性构成挑战^[3]。第一,风力发电的输出受到气象条件的影响。风力发电系统的性能直接依赖于风速的稳定性和强度。在一些地区,风速的波动性较大,或者风力资源相对匮乏,使得风力发电系统难以保持持续、高效的发电,特别是风速较低或极端气象条件下,系统的发电能力受到显著影响,限制其在这些区域的广泛应用。第二,风电场通常建设在离海洋较近或高海拔地区,以获取更稳定的风资源。然而,该地理位置意味着系统更容易受到恶劣天气、自然灾害(如飓风、台风等)的影响,海上风电场由于海洋环境的复杂性,设备更容易受到腐蚀、海浪、盐雾等因素的侵蚀,增加系统运维和维护难度。第三,由于风力发电系统通常分布在广阔的地域,远离电力需求主要集中的城市地区,需要进行远距离的电力输送,带来输电损耗和电网的负担,会导致风力发电系统在电力输送过程中遇到较大的电力流失和电压稳定性问题。第四,投资、政策支持、社会接受度等因素都可能影响风力发电项目的建设和运行,政策的不稳定性或对可再生能源的支持不足使得风力发电项目难以获得足够的资金支持,制约其发展速度。第五,风力发电机通常需要在地面上建造,并依赖于坚实的地基来支撑风力机组,如果选址的地质条件不佳,例如地层不稳定、土壤质地较差,导致风力机组的安装和运行面临问题,影响系统的安全性和可靠性。第六,尽管风力发电是一种清洁能源,但其建设和运行过程中会对周围的生态环境产生影响,如大规模的风电场对当地的植被、野生动物和鸟类栖息地造成一定程度的干扰和破坏,在选址和建设风力发电项目时,需要进行全面的环境影响评估,并采取相应的保护措施,以最大程度地减少对生态系统的负面影响^[3]。

3 风力发电电气控制技术的应用

3.1 变桨距发电技术

风力发电电气控制技术在风力发电系统中发挥着关键的作用,其中变桨距发电技术用于调节风力机的叶片角度,以实现最大化的风能捕获和发电效率。变桨距发电技术主要通过调整风力机叶片的角度来响应不同的风速和气象条件,技术核心在于根据实时的风场情况,通过控制叶片的角度,使得叶片能够更好地迎风或背风,以达到最佳的风能捕获效果^[4]。

变桨距发电技术主要应用在风力发电机组的风轮转动控制和功率输出调节方面。首先,变桨距发电技术应用于风轮转动控制。风轮旋转速度直接影响到风力发电机组的发电效率和性能稳定性,通过变桨距技术,可以实现对风轮叶片角度的调节,从而控制风轮受风面积的大小,调整叶片与风之间的角度,使得风力发电机组在不同风速条件下保持合适的转速,最大限度地捕捉到风能,提高发电效率。其次,变桨距发电技术应用于功率输出调节。风力发电机组在风速变化时,可能会出现功率输出不稳定的情况,影响发电系统的运行稳定性和电网对接性,通过变桨距技术,可以实时调整叶片角度,控制风力发电机组的输出功率,使其与电网负荷需求相匹配,保持稳定的发电功率输出,有效应对风力发电机组在不同风速条件下的输出波动,提高其对电网的稳定性和可靠性。最后,与变速技术结合使用,变桨距发电技术可进一步优化风力发电系统的性能。通过根据风速变化调整风机的转速和叶片桨距,使得风机始终在最佳工作状态下运行。当风速较低时,风机采用较低的转速和适当的叶片桨距来实现更高的转速系数,从而提高发电效率;而在风速较高时,通过减小叶片桨距,可以有效控制风机的输出功率,避免过载损坏设备。

3.2 定桨距失速发电技术

定桨距失速发电技术旨在优化风力机在不同风速下的发电性能,该技术通过调整叶片的桨距和使其失速,实现在宽风速范围内的高效能捕获,提升风力发电系统的整体性能,核心思想是根据风速的变化调整叶片的桨距,以在不同的风速范围内获得最佳的转速,通过在不同风速下灵活调整叶片的桨距,系统能够在整个运行范围内实现最优的能量捕获,提高发电效率;同时其失速控制可有效地降低风力机在强风条件下的机械应力,延长设备寿命,减少维护成本。此外,高响应性使得系统能够快速适应不同风场条件,提高风力发电系统可靠性和稳定性^[5]。

定桨距失速发电技术主要应用在提高风力发电机组的发电效率、适应变化风速环境以及减轻机械应力等方面。第一,定桨距失速发电技术应用于提高风力发电机组发电效率。在定桨距失速系统中,风轮叶片的桨距被设计成在额定风速下能够最大限度地捕捉风能,而在超过额定风速

时, 桨距会逐渐增大至失速状态, 减小风轮的受力面积, 从而防止过高的风速对风力发电机组的损害, 使风力发电机组在不同风速下都能保持较高的发电效率, 充分利用风能资源。第二, 定桨距失速发电技术应用于适应变化风速环境。由于自然风速的不断变化, 风力发电机组需要具备一定的适应性, 能够在强风或弱风条件下都能稳定运行, 定桨距失速系统通过调整叶片的桨距来适应不同的风速环境, 使得风力发电机组在多变的气象条件下都能保持稳定发电, 提高系统的可靠性和适应性。第三, 定桨距失速发电技术应用于减轻机械应力。在强风条件下, 风轮受到的风载荷较大, 为避免机械结构受到过大的应力影响, 定桨距失速系统会通过调整桨距, 使得风力发电机组在超过一定风速时进入失速状态, 减小叶片的受力面积, 降低机械负荷, 延长了设备的使用寿命, 降低了维护成本。

3.3 主动失速发电技术

主动失速发电技术通过主动调整叶片的桨距, 引导风力机在高速时达到失速状态, 从而优化风能的捕获效率, 提高系统的性能和稳定性, 其核心概念是在风力机运行过程中, 通过控制叶片的桨距主动引导系统进入失速状态, 与定桨距失速发电技术不同, 主动失速发电技术在高速时故意使得叶片失速, 以减小转子对风的曲面积, 降低风力机的输出转矩, 从而控制系统的输出功率, 这种主动失速控制方式有助于在极端风速条件下维持风力机的安全运行, 减少机械损伤风险, 保护设备^[6]。

主动失速发电技术在风力发电领域的应用有其独特之处, 与其他技术相比, 更注重在变化风速条件下的智能控制和系统稳定性。首先, 主动失速发电技术应用于智能化的风轮调节。与变桨距和定桨距失速技术相比, 主动失速技术更加灵活, 通过实时监测风速、风向以及机组状态等多个参数, 采用先进的智能控制算法, 主动调整叶片角度, 以最大化风能捕获效率, 使得主动失速技术更适用于复杂多变的风场环境, 提高了风力发电机组的整体性能。其次, 主动失速发电技术应用实时响应风场变化。在风能资源不断变化的环境中, 主动失速技术能够实时调整叶片角度, 使风轮在不同的风速条件下保持稳定运行, 对于提高发电机组的适应性, 减小风速波动对系统稳定性的影响具有重要作用, 与其他技术相比, 主动失速技术更加注重

对风场实时性的响应和调节。其次, 通过与结合变速技术相结合, 主动失速发电技术能够更加精确地控制风机的转速和功率输出。当风速较低时, 变速技术可使得风机在较低转速下工作, 提高转速系数, 从而增加发电效率; 而当风速较高时, 主动失速发电技术可通过调整叶片角度, 使风机进入失速状态, 保护设备安全, 同时调整输出功率, 确保发电系统在高风速条件下的稳定运行。最后, 变速风力发电技术应用于提高电网接入性能。通过灵活调节叶片转速, 变速风力发电技术实现对发电机组输出功率的精确控制, 使其与电网负荷需求相匹配, 减小对电网的冲击, 提高电网接入性能, 对于实现风力发电的平稳且可靠地并入电力系统具有重要意义。

4 结束语

在风力发电电气控制技术的不断创新下, 变桨距、定桨距失速、主动失速等技术成为提升风力发电系统性能关键利器, 不仅提高发电效率, 还增强系统可靠性和适应性。随着清洁能源需求的不断增长, 电气控制技术在推动风力发电行业发展越来越重要, 通过精密的监测、智能的算法和灵活的调整, 风力发电系统能够更有效地捕获风能, 减少机械损耗, 延长设备寿命, 为可持续发展做出贡献。在未来, 随着科技不断进步, 上述技术将继续推进, 为清洁能源领域带来更多创新。

[参考文献]

- [1] 张超. 风力发电中的电气控制技术分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(5): 116-117.
- [2] 文建行. 电气控制技术在风力发电系统控制中的应用研究[J]. 人民珠江, 2022, 43(2): 30-34.
- [3] 杨继光. 风力发电机组电气控制系统检修分析[J]. 设备管理与维修, 2022(15): 61-62.
- [4] 孙慧明. 风力发电电气控制技术及应用浅析[J]. 财经界, 2022(19): 77-79.
- [5] 孙庆. 风力发电的电控系统设计与实现[J]. 无线互联科技, 2022, 19(6): 74-75.
- [6] 李杲. 风力发电电气控制技术及应用分析[J]. 大众用电, 2021, 36(6): 85-86.

作者简介: 李世榕(1997.9—), 单位名称: 中国水利水电第十一工程局有限公司, 毕业学校: 黑龙江工程学院。