

Challenges and Solutions of Automatic Voltage Control Technology of New Energy Power Station

Yinzhi Bao Wenli Xu Hongfu Guo

Yellow River Upstream Hydropower Development Co., Ltd., Xining, Qinghai, 810008, China

Abstract

With the transformation of global energy structure and the promotion of low-carbon economy, new energy generation has gradually become an important part of the power system. However, new energy power stations are faced with voltage control problems, especially in the process of wind power generation and photovoltaic power generation, automatic voltage control (AVC) technology is facing many challenges. This paper analyzes the current situation, existing problems and challenges of the automatic voltage control technology of the new energy power station, and discusses the relevant solutions. By comprehensively considering the characteristics of new energy generation, the stability of the system and the development of automatic control technology, a variety of innovative methods such as intelligent voltage control, flexible power grid control and big data analysis are put forward, so as to effectively improve the accuracy and stability of voltage control of new energy power station and ensure the safe and stable operation of the power grid. The research shows that the application prospect of automatic voltage control in the new energy power station is broad, which is of great significance to improve the energy utilization efficiency and realize the intelligent power grid.

Keywords

new energy power generation; automatic voltage control; voltage stability; power grid control; intelligent voltage regulation

新能源发电站自动电压控制技术的挑战与解决方案

保隐志 徐文丽 郭宏富

黄河上游水电开发有限责任公司, 中国·青海 西宁 810008

摘要

随着全球能源结构的转型和低碳经济的推进, 新能源发电逐渐成为电力系统中的重要组成部分。然而, 新能源发电站面临着电压控制问题, 特别是在风力发电和光伏发电的并网过程中, 自动电压控制 (AVC) 技术面临着诸多挑战。该文分析了新能源发电站自动电压控制技术的现状、存在的问题及其挑战, 并探讨了相关的解决方案。通过综合考虑新能源发电的特点、系统的稳定性以及自动化控制技术的发展, 提出了智能电压控制、柔性电网控制和大数据分析等多种创新方法, 有效提升新能源发电站的电压控制精度与稳定性, 确保电网的安全稳定运行。研究表明, 自动电压控制在新能源发电站的应用前景广阔, 对提升能源利用效率和实现电网智能化具有重要意义。

关键词

新能源发电; 自动电压控制; 电压稳定; 电网控制; 智能电压调节

1 引言

新能源发电, 特别是风能和太阳能, 已经成为全球电力系统的重要补充。根据国际能源署 (IEA) 的预测, 到 2030 年, 新能源发电将占全球发电总量的 30% 以上。与传统的火力发电和水力发电不同, 新能源发电具有波动性和间歇性, 尤其是在风力和光照条件变化时, 发电量不稳定, 直接影响到电网的电压稳定性。因此, 如何在新能源发电大规模并网的背景下实现电压的精准控制, 成为亟待解决的技术难题。自动电压控制技术 (AVC) 作为保障电网稳定运行的重要手段, 发挥着关键作用, 但随着新能源发电比例的增

加, 传统的电压控制方法逐渐无法满足现代电网对电压精度和稳定性的高要求。

论文旨在探讨新能源发电站在电压控制过程中所面临的挑战, 分析自动电压控制技术的局限性, 并提出适应新能源发电特点的创新解决方案。通过引入智能电压控制、柔性电网和大数据分析等新兴技术, 论文期望为新能源发电站电压控制的研究提供新的思路与技术路径, 并为电力系统的智能化发展提供参考。

2 新能源发电站电压控制的现状与挑战

2.1 新能源发电站电压控制的基本原理

新能源发电站中的电压控制主要是指通过调节发电机的输出电压和调节电网中各个节点的电压来保证系统稳定。

【作者简介】保隐志 (1994-), 中国青海海东人, 本科, 助理工程师, 从事光伏发电及变电运行研究。

传统的电压控制通常依赖于发电机的励磁调节系统、调压设备和补偿设备等来维持电网的电压水平。然而，新能源发电尤其是风电和光伏的并网方式和稳定性特点决定了电压控制在这些系统中的实施难度。风力发电和光伏发电的发电量波动性大，且其对电网电压的影响不如传统电源设备稳定，这使得电网的电压调节变得更加复杂。特别是在风速和光照变化较快的情况下，电压的波动会更加频繁和剧烈。因此，在这种情况下，传统的电压控制方法往往无法满足电网电压的实时调节需求。为了更好地适应新能源的波动特性，必须探索更加智能化和灵活的电压控制技术，以确保电网的稳定性和电压的精确控制^[1]。

2.2 面临的主要挑战

①波动性和间歇性：新能源发电的波动性和间歇性特征，使得其对电网电压的影响难以预测。风力发电机和光伏发电设备由于外部环境因素的变化，其发电量会发生剧烈波动，直接影响到电网的电压稳定。

②并网与电压调节的难题：风电和光伏电站并网时，通常需要采用变流器进行电力转换，而变流器的运行状态对电压的调节能力有限，特别是在电网出现波动或冲击时，电压调节的效果不理想。

③大规模并网的系统复杂性：随着新能源发电比例的增加，电网的控制系统变得更加复杂。在电网中接入大量的分布式能源（如风电和光伏发电）后，传统的集中式电压调节手段显得力不从心，电压控制需要更加精细和灵活的调节机制。

2.3 现有控制技术的不足

现有的自动电压控制技术在传统电网中的应用较为成熟，但在新能源发电大规模接入的情况下，依旧存在一定的局限性。传统的电压调节方法主要依赖于发电机和补偿设备，但这些设备对于新能源发电的波动响应较慢，且无法对快速变化的电压进行实时调节。尤其是风能和太阳能发电，其输出功率受气候变化的影响较大，电压波动剧烈且不可预测。现有设备在这种情况下难以快速响应，导致电网面临电压不稳定、控制精度不足和实时响应能力差等问题。此外，传统电压调节技术难以兼顾新能源发电的波动性和电网的稳定性，因此急需更加智能化的电压控制技术，以提高电网对新能源的适应能力和整体调节效率。

3 新能源发电自动电压控制技术的解决方案

3.1 智能电压控制技术的应用

智能电压控制技术利用先进的计算机控制、自动化技术以及大数据分析，实时监测电网运行状态，并自动调整电压调节设备的运行参数，从而提高电压控制的精度和响应速度。在新能源发电站中，通过引入智能电压控制系统，可以实时监控风电和光伏发电的输出波动，并根据实时数据自动调整电压。智能电压控制技术不仅能够根据系统负荷的变化

和外部环境的影响来动态调整电压，还能够通过机器学习和预测算法，提前识别电网电压可能出现的异常，并采取预防措施。这种技术的引入有效提升了电网的电压稳定性，为新能源发电并网提供了可靠的电压控制保障。通过实时分析发电功率的波动，智能电压控制系统能够在电网负荷变化较大的情况下保持电压的稳定，进一步提升了系统的可靠性。此外，随着人工智能和机器学习技术的不断进步，智能电压控制系统将能够更加精准地预测电压波动，提升电网系统的自我调整能力，减少人工干预^[2]。

3.2 柔性电网控制技术

柔性电网是一种新型的电力传输与分配技术，它通过灵活的电力调度、动态的负荷调节以及智能化的电网设备，实现了对电网系统的实时监控和调节。柔性电网技术利用高效的电力电子装置和实时通信技术，实现了对分布式能源的调度和电网电压的实时控制。在新能源发电站的电压控制中，柔性电网可以通过优化控制策略，有效缓解风电和光伏发电引起的电压波动，提高电网的电压稳定性和控制精度。柔性电网通过动态调整电网中各个节点的电压，能够根据新能源发电的波动情况，快速响应并自动调整电力流向，避免了传统电网在遇到大幅波动时容易发生的电压不稳定问题。此外，柔性电网的控制技术还可以支持对电网的局部控制，即使在电网负荷过重的情况下，依旧能够保证局部区域的电压稳定性。随着柔性电网技术的不断完善，未来将实现更大规模的新能源接入和电网协同调控，进一步提升电网的稳定性和可再生能源的利用率。

3.3 大数据分析预测技术的结合

随着大数据技术的不断发展，新能源发电站可以通过对历史数据的深度分析和实时数据的采集，建立更加精准的电压预测模型。通过大数据分析，能够对风速、太阳辐射量、电网负荷等因素进行实时监控与预警，预测未来电网电压的变化趋势，并提前采取控制措施。利用大数据和预测算法，新能源发电站可以更好地适应电网的动态变化，提高电压调节的前瞻性和科学性。例如，基于大数据的电压调节系统能够在分析历史天气、发电情况以及电网负荷变化后，预测电网在未来几小时内的电压波动，并根据预测结果提前调整电网的运行策略，从而减少因预测误差导致的电压不稳定问题。此外，结合大数据技术，还可以开发基于机器学习的动态优化算法，使得电气控制系统具备更强的自适应能力，可以随着电网环境的变化不断优化调节策略，提高系统的总体运行效率。随着大数据和人工智能技术的不断发展，未来电压预测和调节将更加精准，电网将能够更加高效地应对新能源发电带来的波动，确保电网安全、稳定地运行^[3]。

4 自动电压控制技术应用中的问题与优化建议

4.1 技术实施中的挑战

尽管自动电压控制技术（AVC）具有显著的优势，能

够有效确保电网稳定运行,但在实际应用中仍然面临不少挑战。首先,智能电压控制技术依赖于高效的计算设备和实时数据传输系统,这对于现有的电网基础设施提出了较高的要求。现有的电网在计算能力、数据处理速度和实时响应能力方面往往存在一定的瓶颈,需要对基础设施进行升级,才能更好地支持智能电压控制的实施。其次,由于风能和太阳能发电的不确定性较强,给电网的电压调控带来额外的困难。尽管已有一些基于机器学习和深度学习的算法用于预测新能源发电的波动,但这些算法的精度仍然有限,尤其是在短期内的电力负荷预测和电压调节方面,现有的预测模型和调节算法仍然存在一定的不精确性,导致电压控制过程中的波动性问题难以完全避免。因此,如何优化现有的算法,提高预测的准确性,成为一个亟待解决的难题。最后,柔性电网控制技术也面临着高成本和技术成熟度不高的问题。虽然柔性电网控制技术在稳定电网方面具有很大的潜力,但其设备和技术的高成本,尤其是在初期投入阶段,常常成为项目推广的障碍。同时,相关技术的成熟度不高,许多新技术仍处于实验阶段,尚未在大规模电网中得到广泛应用,这进一步制约了其广泛部署^[4]。

4.2 优化建议

为了提升新能源发电站自动电压控制技术的效果,以下几点优化建议值得关注:首先,加大技术研发投入是优化该技术的关键。当前,智能电压控制和柔性电网控制技术仍处于不断发展的阶段,需要更多的技术创新和投入。例如,可以加快先进电力电子设备的研发,以提升控制精度,降低控制过程中的误差。其次,优化算法与模型的精度至关重要。随着大数据分析技术和人工智能(AI)技术的发展,基于大数据分析的电压预测模型逐渐得到应用,能够显著提高电压调节的精准度。为了进一步提升电压预测的精确性,科研人员可以结合实时数据流和历史数据进行深度学习训练,从而优化电压预测模型的适应性和实时反应能力。此外,提升电网智能化水平也需要放在重要议程上。通过加强电网的信息化和自动化建设,可以提高电网对新能源发电波动的适应

能力,尤其是大规模风能和太阳能发电的接入对电网调度提出了更高要求。因此,推动电网设备的智能化升级,提升电网的自动化程度,是确保新能源发电站与电网深度融合的必要措施。最后,推动政策支持与标准化建设也尤为重要。政府部门应出台相关政策和技术标准,为新能源发电与电网控制技术的融合提供有力保障。同时,应鼓励企业参与标准的制定与完善,确保新能源技术的快速应用和广泛普及。

5 结语

随着新能源发电比例的逐步增加,自动电压控制在确保电网安全稳定运行中的作用愈加重要。新能源发电,如风能和太阳能,由于其不可预测性和波动性,给电网的稳定性带来了巨大的挑战。在此背景下,自动电压控制技术的重要性愈加突出,它不仅能够在保证电网稳定性的同时,促进新能源发电的广泛应用。论文通过分析新能源发电站自动电压控制技术的挑战,提出了智能电压控制、柔性电网控制和大数据分析等解决方案,这些技术为解决新能源发电带来的电压波动问题提供了有效途径。尽管技术实施中仍存在一定困难,但随着技术的不断进步,自动电压控制将在未来电网建设中发挥更加重要的作用。加强技术研发和应用推广,推动电网智能化进程,将为新能源发电与电网的深度融合提供坚实的技术保障。通过这些优化措施的落实,可以确保新能源发电与传统电网的无缝对接,为实现清洁能源的可持续发展提供强有力的支撑。

参考文献

- [1] 习伟,周济,徐式蕴,等.新型电力系统安全稳定标准体系研究[J].高电压技术,2023,49(S1):147-152.
- [2] 徐海波.适用于现代电力系统稳定控制的电网故障识别新判据研究[D].北京:华北电力大学(北京),2020.
- [3] 彭世康,马红伟,曹立伟,等.基于动态响应参数的新能源发电站AVC系统[J].电网技术,2019,43(9):3328-3336.
- [4] 耿志晨.高渗透率新能源接入情况下无功电压控制策略研究[D].北京:华北电力大学(北京),2022.