

分散式风电接入配电网的电压稳定性研究 及无功电压控制

习钦宇

(西安科技大学高新学院, 陕西省西安市, 710000)

摘要 随着可再生能源的快速发展,分散式风电在配电网中的接入已成为趋势。本研究关注分散式风电接入配电网的电压稳定性问题,并探索相应的无功电压控制策略。首先概述了分散式风电的发展及其在配电网中的重要性,分析了风电接入对配电网电压稳定性的影响,包括风电出力波动的影响机制和不同风电渗透率下的电压稳定性。建立了分散式风电接入配电网的仿真模型,并在不同场景下对所提出的控制策略进行了仿真验证,验证了策略的有效性和适用性。

关键词 分散式风电;配电网;电压稳定性;无功电压控制

中图分类号:V242.4+31 文献标识码:B
文章编号:1008-0899(2024)12-0044-03

随着全球能源结构的转型,可再生能源,尤其是风电,受到了广泛关注。分散式风电,由于其灵活性和可持续性,逐渐成为配电网的重要组成部分。然而,风电的接入也给配电网带来了电压稳定性问题。因此,研究分散式风电接入配电网的电压稳定性,并探讨相应的无功电压控制策略,具有重要意义。

1 分散式风电的发展和其在配电网中的重要作用

分散式风电是指将风力发电设备安装在配电网中,与用户的负荷直接相连,不需要经过大型电网进行传输。近年来,随着可再生能源政策的推动和技术进步,分散式风电得到了快速发展。这种发展模式不仅充分利用了风能资源,还通过减少中间环节,降低了能源传输和分配的成本。在配电网中,分散式风电扮演着举足轻重的角色。它作为一种清洁、可再生的能源,有助于减少化石燃料的消耗和温室气体的排放,对改善环境质量、减缓气候变化具有积极的影响^[1]。其次,分散式风电的接入可以增加配电网的供电能力,提高电力系统的稳定性和可靠性。在高峰时段或突发事件中,风电可以作为备用电源,为配电网提供额外的电力支持,确

保电力供应的连续性。此外,分散式风电的分布式特性使得其能够更灵活地响应配电网的负荷变化,平衡电力供需,减少电网拥堵和电压波动的风险。

2 分散式风电接入对配电网电压稳定性的影响分析

2.1 分散式风电接入配电网的特点和模式

分散式风电具有分布广泛、规模适中、接入灵活的特点。与大型集中式风电场不同,分散式风电项目通常规模较小,可以灵活布置在配电网的各个节点上,更加贴近电力消费的中心,有效减少了能源输送损耗。其次,在接入模式上,分散式风电通常采用就近接入配电网的方式,不需要经过高压输电电网,从而简化了接入流程,降低了接入成本。此外,分散式风电的接入模式还体现了与配电网的协同优化。通过合理的规划和调度,可以将风电出力与配电网的负荷需求相匹配,实现电力资源的优化配置和高效利用。这种协同优化的接入模式有助于提升配电网的供电质量和可靠性,同时也为风电的规模化发展提供了有力支持。

2.2 风电出力波动对配电网电压的影响机制

风电出力波动对配电网电压的影响机制和规律是一个复杂而重要的研究课题。由于风能的间歇性和不确定性,风电出力呈现出随机性和波动性的特点,这直接导致了配电网电压的波动。当风电出力增加时,如果配电网的调节能力不足,可能会导致电压升高,影响设备的正常运行和用户用电质

作者简介:习钦宇(2002~),男,汉族,河北唐山人,本科,研究方向:电气工程及其自动化。

量。通过分析仿真数据,可以揭示风电出力波动与配电网电压之间的内在联系,找出影响电压稳定性的关键因素,并提出相应的控制措施。

2.3 不同风电渗透率下配电网的电压稳定性

评估不同风电渗透率下配电网的电压稳定性是一个关键任务,它对于确保电力系统的安全、可靠和经济运行至关重要。风电渗透率,即风电出力占配电网总负荷的比例,是反映风电在配电网中规模和重要性的重要指标。随着风电渗透率的提高,风电出力对配电网电压的影响也愈发显著。在评估过程中,需要采用先进的仿真工具和分析方法,对不同风电渗透率下的配电网进行模拟和计算。通过对比不同渗透率下的电压波动范围、电压偏差和电压稳定性指标,可以全面评估配电网的电压稳定性水平。还需要考虑风速变化、负荷波动、系统故障等多种因素,以更贴近实际运行情况^[2]。评估结果将为制定风电接入策略、优化配电网规划、提升电压稳定性提供重要依据。针对不同风电渗透率下配电网的电压稳定性问题,可以提出相应的控制措施和建议,如优化风电调度策略、增强配电网的自动调节能力、加强电压监测和预警等。

3 无功电压控制策略的研究

3.1 现有的无功电压控制策略和方法

在无功电压控制策略的研究中,现有的策略和方法已经取得了一定的成果。传统的无功电压控制策略主要包括电容器投切、变压器分接头调节以及静止无功补偿器(SVC)等设备的使用。这些策略和方法通过调节系统中的无功功率分布,改善电压分布,从而维持系统的电压稳定性。随着技术的发展,一些先进的无功电压控制策略和方法也逐渐涌现。例如,基于自动电压控制(AVC)系统的策略,通过实时监测和分析系统的电压和无功功率情况,自动调整无功补偿设备的投入和切除,实现对电压的精确控制。此外,基于优化算法的无功优化调度策略,综合考虑风电预测、负荷预测、设备状态等因素,通过优化算法求解最优的无功功率分布,提高系统的电压稳定性和经济效益。除了上述策略和方法外,还有一些新兴的技术手段被应用于无功电压控制中。例如,基于柔性直流输电(VSC-HVDC)的技术,可以实现风电场与配电网之间的快速无功功率交换,有效平衡系统中的无功需求,提高电压

稳定性。

3.2 适用于分散式风电接入配电网的无功电压控制策略

针对分散式风电接入配电网后可能出现的电压稳定性问题,研究并提出适用的无功电压控制策略至关重要。其中,无功补偿是一种通过向配电网注入或吸收无功功率来平衡系统中的无功需求,从而维持电压稳定的有效方法。通过合理配置无功补偿设备,如电容器、静止无功补偿器(SVC)等,可以在风电出力波动时提供及时的无功支持,减少电压波动。通过调整风电场的出力,使其与配电网的负荷需求相匹配,可以有效减少风电出力波动对电压的影响。例如,在风电出力过高导致电压升高时,可以适当减少风电场的出力,从而降低电压水平;反之,在风电出力不足导致电压下降时,可以增加风电场的出力,提升电压水平。它结合了配电网的实际情况,综合考虑风电预测、负荷预测、设备状态等因素,通过优化算法对风电场和其他发电资源进行调度,确保配电网的电压在合理范围内。

3.3 提高配电网电压稳定性方面的潜力和优势

无功电压控制策略在提高配电网电压稳定性方面具有显著的潜力和优势。首先,通过合理的无功补偿,可以平衡系统中的无功需求,减少电压波动,从而维持电压在稳定范围内^[3]。无功补偿设备,如电容器和静止无功补偿器(SVC),能够快速响应电压变化,提供必要的无功支持,有效抑制电压波动。风电出力控制策略可以根据实时风速和负荷情况灵活调整风电场的出力,使其与配电网的负荷需求相匹配。这种策略能够减少风电出力波动对电压的影响,提高电压稳定性。通过合理控制风电场的出力,可以平抑电压波动,避免电压过高或过低的情况发生。优化调度策略通过综合考虑风电预测、负荷预测、设备状态等因素,可以实现对配电网中无功资源的全局优化调度。

4 仿真分析与验证

4.1 建立分散式风电接入配电网的仿真模型

为了深入研究和验证分散式风电接入配电网的电压稳定性以及所提出的无功电压控制策略的有效性,建立了一个详细的仿真模型。这个模型基于MATLAB/Simulink等仿真软件平台,充分考虑了分散式风电接入配电网的特点和实际情况。在仿

真模型的构建过程中,首先根据配电网的实际结构和参数,建立了包括线路、变压器、负荷等元件的配电网模型。然后,将分散式风电场作为一个重要的组成部分接入到配电网模型中,详细模拟了风电场的出力特性和风电波动对配电网的影响。同时,还在仿真模型中集成了无功补偿设备、风电出力控制装置等无功电压控制设备,以便后续进行策略验证。在仿真模型的运行过程中,可以设置不同的风电渗透率、风速变化、负荷波动等场景,模拟实际情况下的运行状况。通过实时监测和分析仿真模型中的电压、无功功率等关键参数,可以评估分散式风电接入对配电网电压稳定性的影响,并验证所提无功电压控制策略的有效性。

4.2 不同场景下对所提出的无功电压控制策略进行仿真验证

为了验证所提出的无功电压控制策略在分散式风电接入配电网中的实际效果,在不同的场景下进行了详细的仿真分析。这些场景包括不同的风电渗透率、风速变化范围、负荷波动情况以及系统故障等。在仿真过程中,首先设定了每个场景的具体参数和条件,然后分别应用了不同的无功电压控制策略。例如,在风电渗透率较高的场景下,测试了通过增加无功补偿设备来提高配电网的电压稳定性;在风速波动较大的场景下,评估了风电出力控制策略对平衡电压的效果;在系统故障发生时,验证了优化调度策略对快速恢复电压稳定性的能力。通过对比分析仿真结果,发现所提出的无功电压控制策略在不同场景下均能有效提高配电网的电压稳定性。具体来说,无功补偿设备能够迅速响应电压波动,提供必要的无功支持;风电出力控制策略能够根据实时风速和负荷情况灵活调整风电出力,减少对电压的影响;而优化调度策略则能够综合考虑多种因素,实现全局最优的无功功率分配。

4.3 策略的有效性和适用性

经过对仿真结果的深入分析,全面评估了所提出的无功电压控制策略在分散式风电接入配电网中的有效性和适用性。首先观察到,在不同的风电渗透率、风速波动和负荷变化场景下,应用无功补偿策略后,配电网的电压波动得到了明显的抑制,电压水平更加稳定^[4]。这证明了无功补偿策略在应对风电接入带来的电压波动方面具有显著效果。其次,风电出力控制策略在仿真中也展现出了良好的性能。通过灵活调整风电场的出力,该策略有效地平衡了系统中的无功需求,减少了风电出力波动对电压的影响。特别是在风速剧烈波动时,风电出力控制策略能够快速响应,维持电压在合理范围内,证明了其在提高电压稳定性方面的有效性。

5 结语

通过理论分析和仿真验证,深入理解了风电出力波动对配电网电压的影响机制,并揭示了不同风电渗透率下配电网电压稳定性的变化规律。同时,提出了一系列针对性的无功电压控制策略,并通过仿真实验验证了其在实际应用中的有效性和适用性。展望未来,随着风电技术的不断发展和电力系统的日益复杂化,分散式风电接入配电网的电压稳定性问题仍需要持续关注和研究。通过不断的探索和创新,能够提出更加高效、智能的无功电压控制策略,为分散式风电的可持续利用和电力系统的稳定运行贡献更多的智慧和力量。

参考文献

- [1] 秦晓辉,倪丰毅,张媛媛,姜懿郎,牛振波,黄子桓,杨元熙.基于无功就地平衡的风电场内部分散决策式精细化无功电压控制策略[J].电网技术,2024,48(01):272-282.
- [2] 王渝红,宋雨妍,廖建权,曾琦.风电电压主动支撑技术现状与发展趋势[J].电网技术,2023,47(08):3193-3205.
- [3] 王耀翔,戴朝波,杨志昌,胥国毅,毕天姝.考虑风电机组无功潜力的风电场无功电压控制策略[J].电力系统保护与控制,2022,50(24):83-90.
- [4] 孙真真,李征.分散式风电接入配电网的电压稳定性研究[J].电子设计工程,2015,23(16):152-156.