

分布式光伏发电并网技术挑战与解决方案

刘至城

宁夏银星能源股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 分布式光伏发电作为一种新型的可再生能源技术,近年来在全球范围内得到了广泛应用。然而,在实际并网过程中,分布式光伏发电面临诸多技术挑战。本文旨在探讨这些挑战,并提出相应的解决方案,以期对分布式光伏发电的进一步发展提供参考。

关键词: 分布式光伏发电; 并网技术; 技术挑战; 解决方案

引言

随着环保意识的提高和能源需求的增长,分布式光伏发电技术因其环保、节能和灵活的特点,逐渐成为新能源领域的重要组成部分。然而,在实际并网过程中,分布式光伏发电面临着一系列技术挑战,如谐波问题、电压闪络、孤岛效应等。这些问题不仅影响了分布式光伏发电的并网性能,也对电力系统的安全稳定运行构成了威胁。

1 分布式光伏发电并网技术挑战

1.1 谐波问题

分布式光伏发电系统中的逆变器是谐波产生的主要源头。逆变器在将直流电转换为交流电的过程中,由于其内部的开关特性,不可避免地会产生谐波电流。这些谐波电流在注入电网后,会导致电网电压波形发生畸变,进而产生谐波污染。随着分布式光伏发电规模的逐渐扩大,逆变器产生的谐波电流对电网的影响也日益显著。在光照较弱的条件下,光伏逆变器的运行功率较低,采样精度会下降,这进一步加剧了谐波的产生。此外,当光照强度或温度发生大幅度变化时,光伏电站的输出功率会出现间歇性的波动,这种波动也会引发谐波污染。电网的不对称故障所产生的负序电压也会促使分布式光伏电站产生额外的电流谐波^[1]。谐波问题对电网的安全稳定运行构成了严重威胁。它会导致电网中的元件产生附加损耗,降低发电、输电及用电设备的效率。谐波还会引起新能源并网系统发生并联谐振和串联谐振,使部分频段的谐波放大,从而加重其危害性,甚至可能导致系统不稳定,引发安全生产事故。谐波还会干扰继电保护装置的正常工作,使其误动作,进而影响电网的安全稳定运行。

1.2 电压闪络

分布式光伏发电系统的输出功率深受自然环境因素的影响,尤其是光照强度和温度的变化,这使得其输出

功率呈现出显著的间歇性和不稳定性。光照强度的变化,无论是由于日升日落、云层遮挡还是天气变化,都会导致光伏电池板产生的直流电量发生波动。同样,温度的变化也会影响光伏电池板的转换效率,进而影响输出功率。这种输出功率的不稳定性对电网电压的稳定运行构成了挑战。当分布式光伏发电系统的输出功率突然增加或减少时,电网中的电压也会相应地上升或下降,形成电压波动。特别是在光照条件急剧变化的情况下,如云层快速遮挡或散去,光伏电站的输出功率会迅速变化,导致电网电压出现剧烈的波动,甚至可能引发电压闪络现象。电压闪络不仅会影响电网的电能质量,还可能对电网中的设备造成损害。它会导致电网中的电压波形发生畸变,增加电网中的谐波含量,进而影响电网的稳定性和可靠性。此外,电压闪络还可能对电网中的敏感设备,如电子设备、计算机系统等造成干扰或损坏。

1.3 孤岛效应

在分布式光伏发电并网系统中,孤岛效应是一个不容忽视的安全隐患。当电网由于故障、维修或其他原因而中断供电时,如果分布式光伏发电系统未能及时检测到这一变化并切断与电网的连接,它可能会继续向周围的负载供电,从而形成一个与主电网隔离的“孤岛”。孤岛效应的存在对电网检修人员构成了严重的人身安全威胁。在电网断电的情况下,检修人员可能误以为整个系统已经断电,从而进行带电作业,导致触电事故。此外,孤岛效应还可能导致电网中的设备损坏。由于孤岛系统内的电压和频率可能无法得到有效控制,设备可能会因承受过电压、过电流或频率偏移而受损。更为严重的是,当电网恢复供电时,孤岛效应可能引发电流冲击^[2]。由于孤岛系统与主电网之间的相位和电压可能存在差异,当两者重新连接时,会产生巨大的电流冲击,这不仅可能损坏设备,还可能对整个电网的稳定运行造成干扰。

1.4 设备兼容性与标准不统一

在分布式光伏发电并网系统中,设备兼容性问题是一个显著的技术挑战。由于市场上逆变器和控制器的品牌、型号众多,它们在设计理念、控制策略、通信协议等方面存在显著差异。这种差异导致不同设备在并网运行时可能出现不兼容的情况,影响系统的整体稳定性和可靠性。例如,某些逆变器可能无法与其他品牌的控制器实现无缝对接,导致系统控制指令无法准确传达,进而影响光伏发电系统的正常运行。此外,各地对于分布式光伏发电接入电网的标准和技术规范理解不一,也增加了并网难度。不同地区可能根据自身的电网结构、运行特点和安全要求,制定了不同的接入标准和技术规范。然而,这些标准和技术规范在细节上可能存在差异,导致设备制造商和系统集成商在设计和实施过程中面临诸多困惑。这种不统一的状况不仅增加了并网成本和时间,还可能因标准不一致而引发安全隐患,对电网的稳定运行构成威胁。

2 解决方案

面对分布式光伏发电并网技术中的诸多挑战,需要采取一系列针对性的解决方案,以确保电网的安全、稳定和高效运行。通过采取谐波抑制、电压稳定控制、孤岛检测与保护、统一技术标准与规范以及推动智能化管理等措施,可以有效解决分布式光伏发电并网技术中的诸多挑战,确保电网的安全、稳定和高效运行。

2.1 谐波抑制

谐波抑制是分布式光伏发电并网技术中的关键任务之一。为了有效抑制谐波的产生和传播,可以采取以下措施:(1)采用高质量的滤波器:在逆变器的输出端安装高性能的滤波器,如LCL滤波器或LLC滤波器,这些滤波器能够有效地滤除逆变器产生的谐波电流,减少谐波对电网的污染。同时,滤波器的设计应充分考虑其频率响应特性,以确保对各个频段的谐波都有良好的抑制效果。(2)优化逆变器控制技术:通过改进逆变器的控制算法,如采用空间矢量脉宽调制(SVPWM)技术,可以优化逆变器的输出波形,减少谐波的产生。此外,还可以采用数字信号处理器(DSP)等先进技术,提高逆变器的控制精度和响应速度,进一步降低谐波含量。(3)分布式电源谐波补偿技术:在电网中安装谐波补偿装置,如有源电力滤波器(APF),通过实时监测电网中的谐波电流,并产生与之相反的谐波电流进行补偿,从而消除电网中的谐波。这种技术不仅能够提高电能质量,还能有效抑制谐波对电网设备的损害。(4)谐波监测与分析:建立完善的谐波监测系统,对电网中的谐波进行实时监测和分析。通过数据分析,可以了解谐波的产生源

头、分布规律和变化趋势,为谐波抑制提供科学依据。同时,还可以对谐波抑制设备的效果进行评估和优化,确保其发挥最佳性能。

2.2 电压稳定控制

电压稳定是分布式光伏发电并网技术中的另一个重要问题。为了确保电网电压的稳定,可以采取以下措施:(1)采用先进的电压调节技术:静止无功补偿器(SVC)和有载调压变压器是两种常用的电压调节设备。SVC能够快速响应电网电压的变化,通过调节无功功率的输出,维持电网电压的稳定。有载调压变压器则可以根据电网电压的实际情况,调整变压器的变比,从而实现对电网电压的精确控制^[3]。(2)实时监测与调节:建立电网电压的实时监测系统,通过传感器和采集装置实时获取电网电压的数据。结合先进的数据处理和分析技术,对电网电压进行实时分析和预测,及时发现电压异常并采取相应的调节措施。这样不仅能够确保电压的稳定,还能有效预防电压闪络等故障的发生。(3)优化分布式光伏发电系统的接入点和接入容量:通过合理的规划和设计,确定分布式光伏发电系统的接入点和接入容量。避免在电网薄弱点或敏感点接入大量的分布式光伏发电系统,以减少对电网电压的冲击和波动。同时,还可以根据电网的实际情况,动态调整分布式光伏发电系统的输出功率,以确保电网电压的稳定。(4)电压稳定控制策略的研究与应用:深入研究电压稳定控制策略,结合分布式光伏发电系统的特点,提出适合不同场景和需求的电压稳定控制方案。通过仿真分析和实验验证,不断优化控制策略的参数和性能,确保其在实际应用中的有效性和可靠性。

2.3 孤岛检测与保护

孤岛检测与保护是分布式光伏发电并网技术中不可或缺的一环。为了有效防止孤岛效应的发生,可以采取以下措施:(1)集成孤岛检测装置:在分布式光伏发电系统中集成孤岛检测装置,如过/欠压保护、过/欠频保护、相位偏移保护等。这些装置能够实时监测电网的状态,一旦检测到孤岛效应的发生,立即切断分布式光伏发电系统与电网的连接,确保设备和人员的安全。(2)优化孤岛保护策略:根据分布式光伏发电系统的特点和电网的实际情况,制定合理的孤岛保护策略。例如,可以设置多个孤岛检测点,提高孤岛检测的准确性和可靠性;还可以采用主动式孤岛检测方法,如注入扰动信号等,以更快地检测到孤岛效应的发生。同时,还需要对孤岛保护策略进行定期的测试和优化,确保其在实际应用中的有效性。(3)加强人员培训与管理:对电网运维

人员进行专业的孤岛效应培训和演练,提高他们的安全意识和应对能力。同时,建立完善的孤岛效应应急处理机制,确保在孤岛效应发生时能够迅速、有效地采取措施进行处理。

2.4 统一技术标准与规范

统一技术标准与规范是推动分布式光伏发电并网技术发展的重要保障。为了确保设备兼容性和系统稳定性,可以采取以下措施:(1)制定并推广统一的分布式光伏接入标准和技术规范:结合国内外分布式光伏发电技术的发展现状和趋势,制定一套科学、合理、统一的分布式光伏接入标准和技术规范。该标准和技术规范应涵盖设备选型、系统设计、接入方式、运行维护等多个方面,为分布式光伏发电系统的建设和运行提供明确的指导和依据。(2)加强市场监管与认证:建立健全的市场监管机制,对分布式光伏发电系统的关键设备进行严格的质量监督和认证。打击假冒伪劣产品,维护市场秩序和公平竞争。同时,还可以建立设备性能评估体系,对设备的性能进行定期评估和排名,为设备选型提供科学依据。(3)促进技术交流与合作:加强国内外分布式光伏发电技术的交流与合作,推动技术创新和进步。通过组织学术会议、技术研讨会等活动,为行业内的专家和学者提供一个交流思想、分享经验的平台。同时,还可以积极引进国外先进的技术和设备,提高我国分布式光伏发电技术的整体水平。(4)建立标准化示范项目:选择具有代表性的分布式光伏发电项目作为标准化示范项目,按照统一的标准和技术规范进行建设和运行。通过示范项目的成功实施,展示标准化带来的优势和效益,推动标准化工作的深入开展。

2.5 推动智能化管理

随着大数据、云计算等技术的快速发展,智能化管理已成为分布式光伏发电并网技术的重要发展方向。为了推动智能化管理的实现,可以采取以下措施:(1)建立远程监控系统:利用物联网技术,将分布式光伏发电系统的各个设备连接起来,形成一张庞大的物联网。

通过远程监控系统,可以实时获取设备的运行状态、发电效率、故障信息等数据,为运维人员提供及时的决策支持。(2)实现智能调度与优化运行:结合大数据分析和预测技术,对分布式光伏发电系统的发电效率和运行成本进行预测和优化。根据预测结果,智能调度系统可以自动调整设备的运行参数和输出功率,以确保系统始终运行在最佳状态。这样不仅能够提高发电效率,还能降低运维成本,提高系统的经济效益^[4]。(3)建立故障预警与诊断系统:通过数据分析和挖掘技术,对分布式光伏发电系统的故障进行预警和诊断。当系统出现故障或异常时,故障预警与诊断系统能够及时发现并发出警报,同时提供故障定位和解决方案。这样可以帮助运维人员快速处理故障,减少故障对系统运行的影响。(4)推动智能化技术的研发与应用:鼓励和支持科研机构和企业开展智能化技术的研发和应用。通过技术创新和突破,推动分布式光伏发电系统的智能化水平不断提高。同时,还可以加强与国际先进技术的交流与合作,引进和消化国际先进技术,为我国分布式光伏发电技术的智能化发展提供有力支撑。

结语

分布式光伏发电并网技术面临诸多挑战,但通过采用先进的谐波抑制、电压稳定控制、孤岛检测与保护以及统一技术标准与规范等技术手段,可以有效解决这些问题。未来,随着新能源技术的不断发展和应用,分布式光伏发电将在能源领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]张雷,刘思彤,李勇.分布式光伏发电系统并网技术分析[J].电子技术,2024,53(02):372-374.
- [2]谭放.分布式光伏发电系统的并网技术应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(06):79-81.
- [3]李梁.分布式光伏发电系统的并网技术应用[J].电力设备管理,2021,(07):102-103.
- [4]朱文杰.分布式光伏发电系统的并网技术应用[J].集成电路应用,2020,37(09):76-77.