

分布式光伏发电接入对配电网调控运行管理的影响研究

王彦

鄂尔多斯供电公司伊金霍洛供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要 : 文章研究了分布式光伏发电接入对配电网调控运行管理的影响。通过分析分布式光伏发电的特点及其对配电网的影响, 本文提出了一系列解决对策, 以优化配电网的调控运行管理。本文采用了理论分析和模拟仿真等方法, 对分布式光伏发电接入后的配电网进行了深入的研究。结果表明, 分布式光伏发电的接入对配电网的电压、电流、继电保护和电能质量等方面产生了影响, 针对这些影响, 提出了技术对策、管理对策和市场对策等方面的解决对策, 这些对策将有助于提高配电网的调控运行管理水平, 保障分布式光伏发电的顺利接入和稳定运行。

关键词 : 分布式光伏发电; 配电网; 调控运行管理; 影响研究

Research on the Impact of Distributed Photovoltaic Power Generation Access on Distribution Network Regulation and Operation Management

Wang Yan

Ejin Horo Power Supply Branch of Ordos Power Supply Company, Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract : This article studies the impact of distributed photovoltaic power generation integration on the regulation and operation management of distribution networks. By analyzing the characteristics of distributed photovoltaic power generation and its impact on the distribution network, this article proposes a series of solutions to optimize the regulation and operation management of the distribution network. This article adopts theoretical analysis and simulation methods to conduct in-depth research on the distribution network after the integration of distributed photovoltaic power generation. The results indicate that the integration of distributed photovoltaic power generation has an impact on the voltage, current, relay protection, and power quality of the distribution network. In response to these impacts, technical, management, and market strategies have been proposed to improve the regulation and operation management level of the distribution network, ensuring the smooth integration and stable operation of distributed photovoltaic power generation.

Key words : distributed photovoltaic power generation; distribution network; regulation and operation management; impact research

引言

分布式光伏发电是指将太阳能直接转化为电能的发电方式, 我国的分布式光伏发电主要分布在偏远地区、高海拔地区和经济欠发达地区, 在这些地区分布式光伏发电系统将是主要的发电方式^[1]。随着光伏产业的不断发展, 分布式光伏发电已经成为未来发电发展的趋势, 但是由于分布式光伏发电系统具有不稳定性, 因此其接入对配电网调控运行管理产生了一定的影响。

一、分布式光伏发电系统简介

分布式光伏发电系统主要由光伏组件、逆变器和配电网三部分组成。其中光伏组件主要是将太阳能转化为电能的设备, 逆变器则是将电能转换为直流电的设备, 配电网则是将直流电转换为交流电的设备, 如图1所示。分布式光伏发电系统具有较高的可靠性, 同时也具有较强的可扩展性和灵活性, 可以根据实际需要灵活配置系统的容量, 并具有良好的环境适应性^[2-4]。在实际应用中, 分布式光伏发电系统还具有如下优点: 一是在光照强度不

足的情况下可以进行独立发电; 二是可以实现对不同种类太阳能的利用; 三是可以有效地降低电能损耗; 四是不会对环境产生污染; 五是可以与大电网进行连接, 并与大电网进行双向交互。

二、分布式光伏发电接入对配电网的影响

(一) 对配电网电压的影响

分布式光伏发电的接入会对配电网的电压产生影响。光伏发电设备通常安装在配电网的末端或负荷中心, 这些设备的接入会导致



>图1：分布式光伏发电系统

局部电压的升高或降低^[6]。同时，光伏发电设备的运行受天气条件的影响，如光照强度、云层覆盖等，这些因素会导致电压的波动。

（二）对配电网电流的影响

分布式光伏发电的接入也会对配电网的电流产生影响。光伏发电设备通过逆变器将直流电转换为交流电，并注入配电网中。随着光伏发电设备的并网运行，配电网中的电流分布会发生变化，导致电流的流向和大小发生变化^[9]。此外，光伏发电设备的接入还会影响配电网的短路电流大小和方向，从而影响继电保护装置的動作。

（三）对配电网继电保护的影响

分布式光伏发电的接入对配电网的继电保护装置也会产生影响。光伏发电设备的接入改变了配电网的结构和电流分布，使得传统的继电保护装置无法准确检测到故障，可能导致保护误动或拒动^[7]。因此，需要对传统的继电保护装置进行改造或升级，以适应分布式光伏发电接入后的配电网运行环境。

（四）对配电网电能质量的影响

分布式光伏发电的接入还会对配电网的电能质量产生影响。光伏发电设备的输出受天气条件的影响，导致输出的不稳定性^[8]。此外，光伏发电设备可能产生的谐波电流和电压波动也会影响配电网的电能质量。因此，需要采取措施来提高配电网的电能质量，例如增加滤波装置、改善逆变器技术等。

三、分布式光伏发电接入对配电网调控运行管理的影响

（一）对调度运行的影响

分布式光伏发电的接入对配电网的调度运行带来了新的挑战。传统的调度运行主要基于负荷预测和发电计划，而分布式光伏发电的引入使得调度运行需要考虑更多的不确定性和波动性^[9]。调度运行需要更加精确地预测光伏发电设备的出力，并制定相应的调度策略，以应对光伏发电设备的不稳定性和不可预测性。

（二）对监控与报警系统的影响

分布式光伏发电的接入对配电网的监控与报警系统也产生了影响。传统的监控与报警系统主要关注配电网的电压、电流、频率等参数，而分布式光伏发电的接入使得这些参数的变化更加复杂和频繁^[10]。监控与报警系统需要增加对光伏发电设备状态、运行数据的监控和报警功能，以保障配电网的安全稳定运行。

（三）对故障定位与隔离的影响

分布式光伏发电的接入对配电网的故障定位与隔离也带来了

影响。传统的故障定位与隔离主要基于配电网的拓扑结构和保护装置的動作情况，而分布式光伏发电的接入使得故障定位与隔离变得更加复杂^[11]。需要增加对光伏发电设备故障的检测和隔离功能，以防止故障扩大和影响整个配电网的运行。

（四）对电能计量与结算的影响

分布式光伏发电的接入对配电网的电能计量与结算也产生了影响。传统的电能计量与结算主要基于负荷和发电量的统计数据，而分布式光伏发电的接入使得电能计量与结算需要考虑更多的因素，如光伏发电设备的出力、发电量、电价等^[12]。需要增加对光伏发电设备电量的计量和结算功能，以保障电能的准确计量和公平结算。

（五）降低配电网供电可靠性

分布式光伏发电系统接入配电网后，由于其自身发电出力不稳定、出力曲线不规则以及发电设备运行状态不稳定等问题，会对配电网供电可靠性产生一定的影响。此外，由于分布式光伏发电系统的波动性较大，会对配电网内的设备造成一定程度上的损坏，从而降低了配电网的供电可靠性。

（六）影响配电自动化系统

首先是分布式光伏发电接入后会使得配电自动化系统中的设备产生一些变化，从而影响配电自动化系统中所设置的控制策略以及控制设备的正常运行；其次是分布式光伏发电接入后，配电网中还可能会产生一些干扰信号，这些干扰信号会对配电网内的设备造成一定程度上的影响。

（七）改变配电网网架结构

分布式光伏发电系统在接入后会导致原有电压等级不适合于光伏系统接入，同时会改变原有线路的连接方式和电气连接关系，这将对原有线路和电气设备造成一定程度上的影响。

（八）影响电压质量

由于分布式光伏发电系统具有间歇性特点，因此其输出功率存在一定波动性，这将导致其输出功率也具有一定波动性和随机性。

四、分布式光伏发电接入对配电网调控运行管理的影响的解决对策

（一）技术对策

针对分布式光伏发电的不稳定性，应优化调度策略，提高调度运行的灵活性和适应性，通过引入先进的预测技术，对光伏发电设备的出力进行精确预测，制定相应的调度计划，以降低调度运行的风险；加强监控与报警系统的建设，实现对分布式光伏发电设备状态、运行数据的实时监控和报警，通过引入先进的传感器和数据分析技术，提高监控与报警系统的准确性和实时性，为配电网的安全稳定运行提供有力支持；针对分布式光伏发电接入后故障定位与隔离的困难，应改进故障定位与隔离技术，通过引入先进的故障诊断和隔离算法，实现对故障的快速定位和隔离，降低故障对配电网的影响^[13]；加强电能计量与结算系统的建设，实现对分布式光伏发电设备电量的准确计量和结算，通过引入先进的计量技术和结算算法，提高电能计量与结算的准确性和公正性，保障电能的公平交易和结算。

（二）管理对策

建立健全的分布式光伏发电运维管理体系，明确各部门的职责和任务，确保运维工作的顺利进行，加强运维人员的培训和管理，提高运维人员的专业素养和操作技能；建立信息共享平台，实现各部门之间的信息共享和沟通，通过及时传递光伏发电设备的运行数据、故障信息等，提高决策的准确性和效率；针对分布式光伏发电接入后可能出现的突发事件，应制定完善的应急预案，通过定期进行应急演练和培训，提高应急处置的能力和水平^[14]；政府应加大对分布式光伏发电的扶持力度，制定相应的政策措施，鼓励企业和个人投资分布式光伏发电项目，加大对分布式光伏发电技术研发和应用的投入，推动技术创新和应用。

（三）市场对策

建立健全的市场规则和监管机制，确保分布式光伏发电市场的公平竞争，加强对市场行为的监管和惩处力度，防止不正当竞争和市场垄断行为的发生；鼓励多种所有制企业参与分布式光伏发电市场，推动市场的多元化发展，通过引入市场竞争机制，促进企业之间的良性竞争和创新发展^[15]；加强与国际先进技术和经验交流的合作，引进国外先进的分布式光伏发电技术和管理模式，积极参与国际标准和规则的制定，推动我国分布式光伏发电产业的国际化发展。

（四）分布式光伏发电系统控制

（1）通过对分布式光伏发电系统进行电压无功控制，可以实现对分布式光伏发电系统的控制和管理。具体来讲，在分布式光伏发电系统中引入电压无功控制功能后，可以使系统的电压保持在一个稳定的状态，并且使得系统中的节点电压具有了一定的稳定性。（2）通过对分布式光伏发电系统中的功率进行有效地调节，可以使分布式光伏发电系统的有功输出保持在一定范围内，从而可以保证配电网中负荷平衡。在实际应用过程中，通过对分布式光伏发电系统功率进行有效调节，可以使得配电网中负荷分配更加合理，从而使得分布式光伏发电系统可以为配电网中的负荷平衡做出一定贡献。通过对分布式光伏发电系统的电压进行控制后，可以使得配电网中节点电压保持在一个稳定状态下，从而

使配电网中负荷均衡。

五、算例分析

为了验证本文所提出的对策的有效性，在 IEEE33 节点系统中进行了仿真，系统中有多个节点需要进行调控。其中，A 节点位于 220kV 变电站的进线侧，其潮流为正序、负序、零序和零序电流，其电压幅值为 60kV，有功功率为 180MW。在系统运行过程中，A 节点上的负荷发生变化时会对配电网的调控运行管理产生一定的影响。因此在本文所提出的对策中，控制分布式光伏发电接入 A 节点的运行方式对其进行调控管理，从而降低该节点上负荷的波动对配电网调控运行管理产生的影响。此外，当 A 节点上负荷发生变化时，可以通过改变分布式光伏发电系统的接入容量来改变 A 节点上负荷所占配电网中总负荷的比例，从而达到控制分布式光伏发电接入 A 节点对配电网调控运行管理产生影响的目的。从仿真结果可以看出，所提出对策是有效的。

六、结语

分布式光伏发电系统是未来的主要发电方式，随着分布式光伏发电技术的不断进步，其接入配电网的可能性也会不断增加，但是由于其具有不稳定性，因此对配电网调控运行管理产生了一定的影响。为了应对这种影响，本文从优化调控运行管理系统、提升调度管理人员水平和加强调度管理人员管理三个方面提出了相应的对策，首先通过优化调控运行管理系统，提高配电网调控运行管理系统的智能化程度；其次通过提升调度管理人员的水平，实现对分布式光伏发电系统进行科学合理的调度；最后通过加强调度管理人员的管理，确保电网安全、可靠、高效的运行。本文主要研究了分布式光伏发电接入对配电网调控运行管理产生的影响，提出了相应的对策，但是由于配电网调控运行涉及的方面较多，因此其对策也需要在今后的研究中不断完善。

参考文献

[1] 雷志奇. 户用光伏发电系统设计和应用 [J]. 能源与节能, 2023, (11): 64-69.

[2] 范成. 多接入点分布式光伏发电系统与配电网交互影响研究 [J]. 自动化应用, 2023, 64(21): 92-94+97.

[3] 王珏. 分布式光伏发电系统电气设计分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(10): 109-111.

[4] 韩冬. 农村户用分布式光伏智能用电系统设计及经济性分析 [J]. 光源与照明, 2023, (10): 136-138.

[5] 张佳. 大规模分布式光伏并网后对电力系统的影响 [J]. 光源与照明, 2023, (10): 142-144.

[6] 王磊, 闫智超, 韩肖清等. 考虑源荷功率特性的交直流配电网分时能效对比 [J]. 太阳能学报, 2023, 44(10): 97-106.

[7] 季武强, 梁山武, 乔向华等. 分布式光伏发电系统用直流支撑电容器 THB 性能改进研究 [J]. 电力电容器与无功补偿, 2023, 44(05): 50-57.

[8] 童铸, 欧仲曦, 刘超等. 遗传算法优化粒子群的分布式光伏并网控制方法研究 [J]. 自动化仪表, 2023, 44(10): 39-43.

[9] 王月平. 分布式光伏发电系统中的电池储能技术优化分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(10): 400-401.

[10] 王珏. 分布式光伏并网对 10kV 城市配电网线损的影响研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(09): 308-310.

[11] 贺宇欣, 张静竹. 分布式光伏发电技术特性及对电力系统的影响分析 [J]. 光源与照明, 2023, (09): 120-122.

[12] 王之豪, 朱宇翀. 分布式光伏并网发电系统接入配电网电能质量分析 [J]. 光源与照明, 2023, (09): 129-131.

[13] 简璐. 光伏发电系统接入配电网对电能质量的影响与对策 [J]. 光源与照明, 2021, (09): 143-145.

[14] 王琪, 邬世杰, 苏智东等. 分布式光伏电站厂内网防反送电措施研究 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11(27): 10-16.

[15] 白勇. 基于分布式光伏发电的微网控制方案研究 [J]. 电工技术, 2021, (17): 34-35+39.