

分布式电源接入对配电网影响的分析与优化

赵顺利 樊国罡

乌兰察布供电公司凉城供电分公司 内蒙古 乌兰察布 013750

摘要：文章聚焦分布式电源接入对配电网的影响与优化。先概述分布式电源的类型、优势及发展意义，接着从安全稳定性、电能质量等多方面分析其接入对配电网的影响，包括潮流改变、谐波污染等问题。随后提出优化策略，涵盖新能源发电调度、谐波治理、孤岛效应防范等。旨在为提升分布式电源与配电网协调运行水平，推动能源可持续发展提供理论支持与实践参考。

关键词：分布式电源；配电网；影响分析；优化策略

引言：在全球能源转型与可持续发展的大背景下，分布式电源凭借清洁环保、灵活可靠等优势，成为能源领域发展热点。其靠近用户侧、装机容量小的特点，使其能就近供电，减少输电损耗。然而，分布式电源接入配电网后，在安全稳定、电能质量、继电保护等多方面带来挑战。深入研究其影响并提出优化策略，对构建智能电网、实现能源高效利用意义重大。

1 分布式电源概述

分布式电源（Distributed Generation, DG）是指靠近用户侧，装机容量较小，分布在配电网中的发电系统。它区别于传统集中式大容量发电方式，具有独特的优势与特点。从能源类型来看，分布式电源丰富多样，涵盖太阳能光伏发电、风力发电、生物质能发电、小型水力发电以及燃料电池等。这些能源大多为可再生能源，清洁环保，能有效减少对传统化石能源的依赖，降低碳排放，缓解环境污染问题。在供电方面，分布式电源具有灵活性和可靠性。它可以就近为用户供电，减少长距离输电的损耗，提高能源利用效率。同时，当大电网出现故障时，分布式电源能够独立运行，为重要负荷继续供电，增强局部供电的可靠性，提升电网的抗灾能力。另外，分布式电源的安装规模可根据用户需求和场地条件灵活调整，适用于城市建筑、工业园区、偏远地区等多种场景。随着技术的不断进步和政策的支持，分布式电源的成本逐渐降低，经济效益日益显著。

2 分布式电源接入对配电网的影响分析

2.1 对配电网安全稳定性的影响

分布式电源接入配电网后，会对配电网的安全稳定性产生多方面的影响。一方面，分布式电源的接入改变了配电网的潮流分布。在传统配电网中，潮流通常是从变电站流向用户，呈单向流动。而分布式电源接入后，潮流可能变为双向流动，这会导致线路上的功率分布发

生变化，增加线路的损耗和电压波动^[1]。如果分布式电源的接入容量和位置不合理，可能会使某些线路过载，影响电网的安全运行。另一方面，分布式电源的随机性和间歇性会对配电网的稳定性造成挑战。由于太阳能、风能等可再生能源的发电功率受自然条件影响较大，其输出功率具有不确定性。当分布式电源的输出功率突然变化时，可能会导致配电网的频率和电压波动，影响电力设备的正常运行。分布式电源的故障或退出运行也可能对配电网的稳定性产生冲击，特别是在分布式电源占比较高的情况下，这种影响会更加明显。

2.2 对配电网电能质量的影响

分布式电源接入对配电网电能质量影响显著。在电压偏差上，其接入会改变配电网电压分布。输出功率大时，接入点电压升高；功率小则电压降低。若控制策略不合理，电压偏差易超出允许范围，严重影响用户用电质量。谐波污染也是一大问题，太阳能逆变器、风力发电变流器等分布式电源运行时会产生谐波电流。注入配电网后，致使电压和电流波形畸变，干扰电力设备正常运行，增加设备损耗、缩短寿命，还可能影响通信系统和电子设备。电压波动与闪变方面，分布式电源输出功率波动引发配电网电压波动。频繁且幅度大的电压波动会使灯光闪烁，让人眼不适，影响照明质量，还可能损坏对电压波动敏感的设备，给用户生产生活带来诸多不便。

2.3 对配电网继电保护的影响

传统配电网继电保护基于单向潮流设计，分布式电源接入后，潮流变为双向流动，对传统装置适用性构成挑战。一方面，可能导致误动作或拒动作。故障在分布式电源上游线路时，其向故障点提供短路电流，改变故障电流大小和方向，使保护装置无法准确判断故障位置，误动作扩大停电范围。故障在下游线路时，分布式电源使故障电流减小，保护装置灵敏度不足，出现拒动

作,无法及时切除故障,威胁电网安全。另一方面,增加继电保护装置配置难度和复杂性。为适应新特点,需重新整定和配置,增加装置数量和类型,这无疑会提高电网建设和运行成本,给电网运行管理带来新难题。

2.4 对配电网规划的影响

分布式电源接入给配电网规划带来新挑战与机遇。传统规划主要考虑满足用户用电需求,合理布局变电站和输电线路。而分布式电源接入后,因素更复杂。首先,接入位置和容量选择关键。不合理选择会导致潮流分布不合理,增加线路损耗,降低运行效率。规划需综合资源分布、用户需求、电网结构等因素确定。其次,影响设备选型和投资规模。潮流和电压分布改变,可能需更换或升级变压器、开关设备等,还需增加储能装置、监控系统等新设备,增加投资成本。

2.5 对配电网运行的影响

分布式电源接入对配电网运行影响体现在多方面。调度管理上,增加调度难度。其发电功率随机性和间歇性强,难以准确预测发电量,电网调度部门制定合理发电计划困难,调度复杂性和不确定性增加。运行控制方面,要求配电网具备更灵活智能的控制能力。传统集中式控制模式不再适用,需采用分布式控制策略实现对分布式电源有效管理。同时,要建立完善通信系统和信息交互机制,实现实时信息传输和共享,确保协调运行,能量管理上,能量流动更复杂,存在双向能量交换^[2]。

3 分布式电源接入配电网的优化策略

3.1 优化新能源发电的调度

为了应对分布式电源中新能源发电的随机性和间歇性问题,优化新能源发电的调度是关键。首先,需要建立准确的新能源发电功率预测模型,通过对历史气象数据和发电功率数据的分析和挖掘,结合先进的气象预测技术,提高新能源发电功率的预测精度。准确的预测可以为电网调度部门制定合理的发电计划提供依据,减少新能源发电功率波动对电网的影响。其次,采用灵活的调度策略,根据新能源发电的预测结果和电网的实时运行状态,合理安排新能源发电的出力。在新能源发电功率较大时,优先消纳新能源电力,减少传统能源发电的出力;在新能源发电功率不足时,及时调整传统能源发电的出力,确保电网的功率平衡。同时,还可以通过与储能装置的协同调度,实现新能源发电的平滑输出。当新能源发电功率过剩时,将多余的电能储存在储能装置中;当新能源发电功率不足时,释放储能装置中的电能,补充电网的电力需求。

3.2 谐波污染治理

为了解决分布式电源接入带来的谐波污染问题,需要采取有效的谐波治理措施。一方面,可以在分布式电源的逆变器、变流器等设备中采用先进的谐波抑制技术。同时在设备的设计和制造过程中,严格按照相关标准进行谐波控制,确保设备的谐波发射水平符合要求^[3]。另一方面,可以在配电网中安装谐波滤波装置,常见的谐波滤波装置有无源滤波器和有源滤波器。无源滤波器由电容器、电抗器和电阻器组成,通过调整其参数来滤除特定频率的谐波电流。有源滤波器则是一种能够动态补偿谐波电流的电力电子装置,它可以实时监测电网中的谐波电流,并产生与之大小相等、相位相反的补偿电流,从而消除谐波对电网的影响。根据配电网的实际情况和谐波污染程度,合理选择和配置谐波滤波装置,可以有效降低配电网的谐波污染水平。

3.3 孤岛效应防范

孤岛效应是指当电网因故障或维修而停电时,分布式电源仍继续向周围的负载供电,形成一个电力公司无法控制的自给供电孤岛。孤岛效应可能会对维修人员的安全造成威胁,同时还会影响分布式电源和负载设备的正常运行。因此,必须采取有效的措施来防范孤岛效应。目前,常用的孤岛效应防范方法有被动检测法和主动检测法。被动检测法是通过监测分布式电源输出端的电压、频率、相位等参数的变化来判断是否发生孤岛效应。当电网停电时,这些参数会发生明显变化,当变化超过设定阈值时,判定为孤岛效应发生,分布式电源立即停止供电。主动检测法则是通过向分布式电源输出端注入微小的扰动信号,如频率扰动、功率扰动等,然后监测电网对扰动信号的响应。如果电网停电,分布式电源形成的孤岛无法对扰动信号做出正常响应,从而可以检测到孤岛效应的发生。在实际应用中,通常将被动检测法和主动检测法相结合,以提高孤岛效应检测的准确性和可靠性。

3.4 继电保护装置调整

为了适应分布式电源接入后的配电网运行特点,需要对继电保护装置进行调整和优化。首先,重新整定继电保护装置的定值,根据分布式电源接入后的配电网潮流变化和故障特征,对保护装置的动作电流、动作时间等定值进行重新计算和调整,确保保护装置在故障发生时能够准确动作,切除故障。其次,改进继电保护装置的动作逻辑,针对分布式电源接入后可能出现的故障电流方向改变等问题,采用具有方向性的保护原理,如方向过电流保护、距离保护等,使保护装置能够正确判断故障方向,避免误动作和拒动作。还可以采用自适应保

护技术,根据配电网的实时运行状态和分布式电源的发电功率,自动调整保护装置的定值和动作逻辑,提高保护装置的适应性和可靠性。另外,为了实现分布式电源与配电网的协调保护,还需要建立完善的通信系统和信息交互机制。通过通信网络,将分布式电源的运行信息和故障信号实时传输到电网调度中心和相邻的保护装置,实现保护装置之间的信息共享和协同动作,提高配电网的整体保护性能。

3.5 配电网规划方法优化

为了应对分布式电源接入对配电网规划带来的挑战,需要优化配电网规划方法。考虑分布式电源发展的不确定性和随机性,制定多种不同的发展场景,如高渗透率场景、低渗透率场景等。在每个场景下,对配电网的规划方案进行评估和优化,选择具有适应性和灵活性的规划方案,以应对分布式电源未来发展的各种可能性。传统的配电网规划方法通常基于经验和简单的数学模型,难以处理分布式电源接入后的复杂规划问题^[4]。智能优化算法,如遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等,具有全局搜索能力强、能够处理复杂非线性问题的优点。将这些算法应用于配电网规划中,可以更加准确地找到最优的规划方案,提高规划的科学性和合理性。加强与分布式电源开发商和用户的沟通与协作,在配电网规划过程中,充分考虑分布式电源开发商的投资意愿和用户的用电需求,建立协同规划机制。通过信息共享和合作,实现分布式电源与配电网的协调发展,提高能源利用效率和电网的运行可靠性。

3.6 智能配电网技术推广

智能配电网技术是解决分布式电源接入问题的有效手段,应积极推广智能配电网技术的应用。智能配电网具有自动化、信息化、互动化等特点,能够实现对分布式电源、用户负荷和电网设备的实时监测和控制。通过安装先进的传感器和智能电表,实现对分布式电源发电功率、用户用电负荷以及电网运行参数的实时采集和传

输。利用大数据分析和云计算技术,对采集到的数据进行深度挖掘和分析,为电网调度和运行管理提供决策支持。同时,采用先进的通信技术,如光纤通信、无线通信等,建立高速、可靠的通信网络,实现分布式电源、用户和电网调度中心之间的实时信息交互和协同控制。推广应用分布式能源管理系(DERMS)。DERMS可以实现对分布式电源、储能装置和可控负荷的集中管理和优化调度,提高分布式能源的利用效率和电网的灵活性。通过与智能电表、智能家居等设备的集成,实现用户与电网的互动,鼓励用户参与需求响应,进一步优化电网的运行。

结束语

分布式电源接入配电网是能源发展的必然趋势,虽带来诸多挑战,但通过优化新能源发电调度、治理谐波污染、防范孤岛效应等策略,可有效缓解影响。未来,随着智能配电网技术的不断推广与应用,分布式电源与配电网将实现更深度融合与协调发展,进一步提升能源利用效率,推动能源系统向清洁、低碳、智能方向转型,为可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]程丽,李鑫,项兴尧,等.基于潮流计算的分布式光伏接入对配电网电压影响研究[J].科技通报,2021,37(5):31-36+112.
- [2]陈秀平,黄福满,张瑾.分布式电源接入对配电网线损的影响分析[J].通信电源技术,2023,40(24):152-154.
- [3]季玉琦,王涛,史少戎,等.含分布式电源的配电网功率优化模式影响因素分析[J].电力科学与技术学报,2023,38(1):97-107.
- [4]黄宸希,孙保华,韩韬,等.分布式电源对配电网的影响及其接入位置的选取[J].南昌大学学报(理科版),2020,44(1):87-91.DOI:10.3969/j.issn.1006-0464.2020.01.015.