

分布式电源接入对配电系统的影响及应对措施

马泽楠

冀北电力有限公司张家口供电公司桥东区供电中心

摘要：随着能源领域的发展和变革，分布式电源在配电系统中的接入日益广泛。本文聚焦分布式电源接入对配电系统的影响，包括对潮流分布、电压质量、继电保护等方面的作用。通过深入分析明确分布式电源接入带来的诸如潮流改变、电压波动等一系列具体影响。在此基础上，进一步探讨并提出了相应的应对措施，包括优化网架结构、改进控制策略、完善保护机制等，以实现分布式电源与配电系统的协调稳定运行。旨在推动能源的高效利用和电力系统的可持续发展。

关键词：配电系统；分布式电源；影响因素；应对策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.21.065

引言

随着能源需求的不断增长和对环境保护的日益重视，分布式电源的接入为配电系统带来了新的机遇和挑战。一方面，分布式电源的存在可以提高能源利用效率、减少能源传输损耗、增强系统的可靠性和灵活性，为能源的可持续发展提供了有力支持。它为用户提供了更多的能源选择，有助于实现能源的多元化供应。然而，另一方面，分布式电源的接入也不可避免地对配电系统产生了诸多影响。例如，它可能会改变系统的潮流分布，对电压质量产生影响，引发继电保护等方面的问题，给配电系统的稳定运行带来一定的不确定性。面对这些影响，深入研究分布式电源接入对配电系统的具体影响，并探索有效的应对措施显得尤为重要。只有这样，我们才能更好地利用分布式电源的优势，同时有效解决其带来的问题，确保配电系统安全、稳定、高效地运行。在此背景下，开展分布式电源接入对配电系统的影响及应对措施研究具有十分重要的理论意义和现实价值。

一、分布式电源概述

（一）分布式电源的种类

分布式电源涵盖了丰富多样的类型。太阳能无疑是备受瞩目的一种，它通过高效的光伏板，将取之不尽的太阳光能巧妙地转化为电能，不仅清洁无污染，而且在全球范围内都有着广泛的分布，为人们提供了稳定的能源来源。风能也占据着重要地位，巨大的风力发电机组矗立在广阔的天地间，充分利用风的强劲动能来进行发电，是一种绿色环保且潜力巨大的能源形式。除此之外，生物能也不容忽视，它通过对各类有机物的利用转化产生能量，具有独特的优势。还有小型燃气轮机，凭借其灵活便捷的特性，在特定场景下发挥着关键作用。

而燃料电池则代表着一种新兴的技术方向，以其高效的能量转换率和良好的环境适应性崭露头角。这些不同的分布式电源种类，每一种都有着自身独特的魅力和价值，共同为能源供应的多元化和可持续发展提供了丰富多样的选择^[1]。

（二）分布式电源的特点

分布式电源展现出诸多独特的特点。其分散性十分显著，广泛而零散地分布在众多区域，宛如满天繁星般遍布各地，构成了庞大而复杂的能源分布网络。规模上呈现出明显的小型化特征，小巧而精致，能够轻松地融入各类不同的场景中，无论是在城市的角落还是偏远的乡村，都能找到它们的身影。灵活性更是其一大亮点，能够根据实际需求和各种变化情况，快速而敏捷地进行部署安排以及相应的调整，以更好地满足不同情况下的能源供应需求。环保性是其最为突出的特点之一，像太阳能、风能等这些分布式电源都属于清洁能源，它们在提供能源的过程中几乎不会对环境产生污染，对维护生态平衡和地球的可持续发展有着至关重要的意义^[2]。然而，其间歇性也表现得较为突出，例如太阳能的获取会受到天气状况、白天黑夜的交替等多种因素的强烈影响，风能则高度依赖于风力的大小和持续性，这种不稳定性使得能源的供应存在一定的不确定性。再者，分布式电源的就近供电模式能够最大限度地减少能源在长距离传输过程中可能产生的损耗，从而极大地提高了能源的利用效率，实现了能源利用的最优化。

二、分布式电源接入对配电系统的影响

（一）对电能质量的影响

分布式电源接入对配电系统的电能质量产生了诸多显著的影响。在电压层面，会引发较为明显的电压波动情况。这主要是因为分布式电源的输出功率往往不够稳定，特别是像太阳能、风能这类可再生能源，它们极大地依赖于自然条件，比如光照强度、风速等因素的变化，这就容易导致母线电压出现较大的起伏和变化。与此同时，还可能导致谐波问题的产生。许多分布式电源所使用的电力电子设备在运行时，会不可避免地向系统中注入谐波电流，这就如同在原本纯净的电能中混入了“杂质”，严重影响了电能质量的纯净度和稳定性^[3]。这些影响带来的后果不容小觑，可能会使得各类电气设备出现运行异常的状况，如误动作、发热增加等，长此以往还会缩短设备的使用寿命，进而对配电系统的稳定和可靠运行构成严峻挑战。

（二）对系统潮流的影响

在传统的配电系统中，潮流通常是单向流动的，即

从电源端源源不断地向负荷端输送电能。然而，当分布式电源接入后，情况发生了显著变化。潮流的方向不再单一，而是变得极为复杂多样，可能会出现双向甚至多向的流动情况。这就会直接改变系统中各个节点的功率分布状态，某些线路上的功率可能会由于分布式电源的接入而大幅增大，而另一些线路的功率则可能相应减小。而且，分布式电源自身所具有的间歇性和不确定性，更是让潮流呈现出明显的动态变化特征。例如，太阳能的输出功率会随着日照强度的变化而变化，风能则会根据风速的波动而起伏不定。这种动态性极大地增加了系统运行和控制的难度，使得系统的稳定性面临新的挑战。这种对潮流的影响可能会打破原有的平衡状态，引发一系列问题，如线路过载、电压不稳定等。

（三）对继电保护的影响

当分布式电源接入后，首当其冲的影响就是会显著改变故障电流的大小和方向。这是因为分布式电源会向系统中注入额外的电流，从而使得原本相对稳定的故障电流情况变得复杂起来。这种变化会直接导致传统继电保护装置的整定和动作特性不再完全适用，进而大大增加了误动或拒动的潜在风险^[4]。比如，原本设定好的保护动作阈值可能会因为新的电流情况而出现偏差，导致保护装置不能在恰当的时候准确动作。而且，分布式电源自身所具有的间歇性和不确定性，会让故障时的电流特征变得更为扑朔迷离。在分布式电源输出功率不稳定的情况下，故障电流也会随之波动，这给保护装置对故障的准确判断带来了极大的挑战。判断的难度增加，就可能对保护装置不能及时、正确地识别故障并采取相应措施。

（四）对系统可靠性的影响

分布式电源接入对配电系统的可靠性产生着极为复杂且多面的影响。从积极的方面来看，分布式电源确实能够在一定程度上提升系统的可靠性。当配电系统出现局部故障时，附近的分布式电源可以及时发挥作用，继续为相应区域提供电力支持，从而显著地减少停电的范围和时间，增强了系统应对局部故障的能力。然而，不可忽视的是其带来的诸多挑战。分布式电源本身所具有的不确定性和间歇性，这一特性可能会引发一系列问题。比如，当其输出功率不稳定时，会造成系统电压出现较大的波动，或者导致系统频率发生变化，这些情况都会对各类电气设备的正常运行产生不良影响，严重时甚至可能引发新的故障。并且，若是分布式电源与电网之间的协调配合存在漏洞或不完善之处，那么也极有可能降低系统的整体可靠性。

三、应对分布式电源接入影响的措施

（一）电能质量改善措施

当分布式电源接入配电系统后，可能会由于其输出的不稳定性、间歇性等特点，导致电能质量方面出现各种问题，比如谐波的产生。为了有效处理这些影响，有

必要采取专门的、有针对性的措施。在这些措施中，滤波器的应用占据着非常重要的地位。通过仔细地、科学合理地对滤波器进行配置，就可以针对分布式电源所产生的特定谐波进行针对性的滤除操作。这种滤除是切实有效的，它可以在很大程度上消除分布式电源引发的谐波。当这些谐波被成功滤除后，其对电网电能质量原本可能产生的不利影响就会被大幅度降低。比如，能够减少因谐波导致的电压畸变、电流异常波动等情况，使电网的电能质量更加稳定、可靠，保障了电网的正常运行和电力设备的安全、高效工作，避免因电能质量问题引发的一系列故障和不良后果，从而提升整个配电系统的运行性能和服务质量^[5]。

无功补偿装置在应对分布式电源接入影响方面也是极为关键和必要的。无功补偿装置发挥着重要作用，它能够对配电系统中的无功功率分布进行精准调节。通过这种调节，可以使系统的电压水平保持稳定，不会出现较大的波动。因为无功功率的合理分配对于维持电压的恒定有着直接关系，这样就能有效地减少电压波动和闪变情况的发生，确保电能质量在电压方面的稳定性。

与此同时，还必须同步加强对分布式电源的运行管理与监控。要时刻保持对分布式电源输出特性的实时掌握，了解其输出的功率、电流、电压等各项关键参数的具体情况。同时，对其运行状态也要密切关注，比如是否存在异常波动、故障隐患等。并且，一旦发现其输出特性或运行状态出现任何问题，必须要及时地进行调整和优化。这可以通过合理地控制分布式电源的输出参数，或者对其运行模式进行适当改变等方式来实现，以确保分布式电源能够以最佳的状态接入配电系统，尽可能减少其对系统电能质量的不良影响，保障整个配电系统的安全、稳定和高效运行。

（二）潮流控制与优化方法

在应对分布式电源接入配电系统所带来的影响时，潮流控制与优化方法的运用显得至关重要。通过充分利用高度精密且极其先进的智能控制技术，得以实现对配电系统的潮流分布情况展开实时且无死角的全方位监测。这种监测呈现出极为细致入微和深度洞察的特点，它具备强大的敏锐性，能够精准地捕捉到潮流在各个线路以及节点上所产生的哪怕是极为细微的变化，甚至连潮流的动态特征都能一览无遗。一旦成功获取到这些详细而全面的潮流信息后，系统内部会迅速启动全面且深入的分析机制。借助于复杂且精妙的算法以及精确的计算过程，能够极其准确地了解到当前潮流分布所具备的优势所在，同时也能明晰其存在的不足之处，以及可能潜在的各类问题和风险隐患。基于如此详尽的分析结果，再紧密结合分布式电源的具体接入位置、容量大小等关键要素，便能够做出极具科学性和合理性的决策。接着，依据这些决策，可以对系统中各个节点的电压和电流进行精确无误且恰如其分的调整。这样的调整具有

高度的针对性，其根本目的在于实现潮流的优化配置，促使潮流能够以更加合理有序的方式在系统中顺畅地流动和科学地分配，有效地避免出现局部的拥堵或者不平衡等不良状况，从而有力地确保整个配电系统能够稳定地运行并保持高效的工作状态。通过这种实时监测、深入分析以及精准调整紧密协同、相互配合的运作模式，能够在最大程度上对配电系统的潮流分布进行优化，进而为后续一系列应对措施的实施提供极为坚实的基础和强有力的保障。

（三）继电保护的改进策略

分布式电源的接入使得传统继电保护面临诸多复杂且具有挑战性的问题。为了更好地适应这种变化，对继电保护装置进行全面且深入的优化和升级刻不容缓。其一，要基于分布式电源的各项独特特性以及具体的接入状况，进行极为细致和精确的分析，进而对继电保护的参数实施重新整定。这需要充分考虑到分布式电源对故障电流分布、大小等方面的影响，通过深入的研究和计算，精确调整保护定值，确保其能够在新的系统运行状态下准确无误地识别故障，并在关键时刻及时、果断地动作，有效避免出现误动或拒动等不良情况。这种基于具体情况的参数整定是一项极具专业性和挑战性的工作，需要对系统有深刻的理解和精准的把握。其二，可以积极采用先进的自适应继电保护技术。该技术能够实时、动态地监测系统状态以及分布式电源的运行情况，然后依据这些实时信息，动态地调整保护策略。在这一过程中，引入智能算法是非常关键的一步，它能够极大地提高继电保护的灵敏性和可靠性。通过智能算法对大量数据的分析和处理，实现对保护策略的精准优化和调整。此外，还需要不断加强对继电保护系统的监测和维护工作，定期进行检测、调试和保养，确保其始终处于性能最佳的工作状态。通过以上这些详细且专业性强的改进策略，能够切实有效地提升继电保护在分布式电源接入环境下的性能表现，有力地保障配电系统的安全稳定运行，极大地降低故障风险和停电时间，更好地适应能源结构不断变化和发展的需求。

（四）提升系统可靠性的途径

为了切实有效地提升分布式电源接入后配电系统的可靠性，可以从以下三个重要途径全面展开工作。其一，配电系统的规划与设计是至关重要的基础。要对分布式电源的各种特性进行深入剖析，比如其输出功率的波动性、间歇性等，还要充分考虑接入位置对潮流分布、电压稳定性等方面的影响。在网架结构的优化上，要确保线路布局合理，既能有效传输电能，又能在出现局部故障时灵活切换，保持系统的持续供电。要通过精确的计算和模拟，确定合适的节点设置和线路容量，以应对分布式电源接入带来的不确定性。并且要预留一定的扩展空间，以适应未来可能增加的分布式电源容量和新的技术发展需求。其二，在采用高质量的电气设备和

元件方面，要严格把控质量关。对于变压器、开关设备、线缆等关键部件，要选择那些经过严格质量检测和认证的产品。这些产品在材质上应选用优质的导体和绝缘体，具有良好的导电性能和绝缘性能。在制造工艺上要精益求精，确保设备具有高稳定性和可靠性。比如变压器要具备良好的散热设计，以避免过热导致故障；开关设备要动作灵敏可靠，确保在故障时能迅速切断电路。其三，建立完备且高效的监测与预警系统是关键环节。监测系统要能够全面覆盖配电系统的各个关键部位和分布式电源的运行参数，包括电压、电流、功率、频率等。通过高灵敏度的传感器实时采集这些数据，并利用高速的数据传输通道将其及时传送到中央控制系统。在中央控制系统中，运用先进的数据分析算法和模型，对这些数据进行深入分析和处理，及时发现任何异常波动或潜在问题。预警系统要具备多种预警方式，如声光报警、短信通知等，确保相关人员能第一时间收到预警信息。

结语

综上所述，分布式电源的接入给配电系统带来了诸多挑战与机遇。通过对其影响的深入分析和应对措施探讨，我们认识到只有不断加强技术创新、优化管理策略、提升系统适应性和可靠性，才能更好地实现分布式电源与配电系统的协调融合发展。这不仅需要电力行业各相关方的共同努力与协作，也离不开持续的研究与实践探索。随着科技的进步和能源结构的不断调整，我们应始终保持对新问题的敏锐洞察力和解决问题的决心，以确保配电系统能够在分布式电源大规模接入的情况下稳定、高效运行，为社会经济的可持续发展提供坚实的电力保障，让我们共同期待未来在这一领域取得更多的突破与成就。

参考文献

- [1] 吴龙腾, 邱泽坚. 分布式电源并网对配电网系统的影响及改善策略[J]. 光源与照明, 2023(1): 171-173.
- [2] 白杰, 姚朋辉, 张越钺, 等. 分布式电源接入配电网不平衡负荷数据修正系统[J]. 电子设计工程, 2023, 31(19): 59-63.
- [3] 林昶咏, 吴桂联, 张林垚, 等. 分布式电源接入配电系统优化规划方案[J]. 现代电力, 2019, 36(6): 82-87.
- [4] 石敏, 周步祥, 张冰, 等. 计及分布式电源不确定性的配电网系统可靠性评估[J]. 电力系统及其自动化学报, 2017, 29(12): 114-120.
- [5] 程超. 配电网接纳分布式电源的一次系统适应性技术[D]. 山东: 山东大学, 2017.

作者简介: 马泽楠, 1989.5.12, 男, 汉族, 河北省张家口市, 本科, 助理工程师, 研究方向: 输配电及用电工程。