

分布式光伏发电对配电网短路电流的影响分析与解决方案

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 : 随着全球对可再生能源需求的日益增长, 分布式光伏发电作为一种清洁、高效的能源转换方式, 在全球范围内得到了广泛应用。然而, 分布式光伏发电的大规模接入配电网, 给传统配电网带来了诸多挑战, 其中之一便是对短路电流的影响。短路电流是配电网安全运行的关键因素, 而分布式光伏发电的接入改变了配电网的短路电流特性, 可能导致保护装置误动作、故障定位困难等问题。因此, 深入分析分布式光伏发电对配电网短路电流的影响, 并提出有效的解决方案, 对于确保配电网的安全稳定运行具有重要意义。本文旨在探讨这一问题, 并提出相应的解决策略, 以期为相关领域的研究和实践提供参考。

关键词 : 分布式光伏发电; 配电网; 短路电流; 影响分析; 解决方案

Analysis and Solution of the Impact of Distributed Photovoltaic Power Generation on Short Circuit Current in Distribution Networks

Wang Yan

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

Abstract : With the increasing global demand for renewable energy, distributed photovoltaic power generation, as a clean and efficient energy conversion method, has gained worldwide recognition. Widely applicable. However, the large-scale integration of distributed photovoltaic power generation into the distribution network has brought many challenges to traditional distribution networks, one of which is the control of short-circuit currents. Impact. Short circuit current is a key factor for the safe operation of distribution networks, and the integration of distributed photovoltaic power generation has changed the short-circuit current characteristics of distribution networks, which may lead to Problems such as misoperation of protective devices and difficulty in locating faults. Therefore, an in-depth analysis of the impact of distributed photovoltaic power generation on short-circuit current in distribution networks is conducted, and effective solutions are proposed. The plan is of great significance in ensuring the safe and stable operation of the distribution network. This article aims to explore this issue and propose corresponding solutions, with the aim of providing relevant insights. Provide reference for research and practice in the field.

Key words : distributed photovoltaic power generation; distribution network; short circuit current; impact analysis; solution

一、分布式光伏发电对配电网短路电流的影响分析

(一) 短路电流的大小和流向改变

在传统的配电网中, 短路电流是一种在电路中出现故障(如线路短路)时产生的异常大电流。这种电流主要由配电网的系统电源提供, 其大小通常取决于电源的电压和故障点的阻抗。在传统的辐射型配电网中, 短路电流的流向也相对固定, 通常是从电源端流向故障点。然而, 随着分布式光伏发电在配电网中的广泛接入, 这种传统的短路电流特性受到了显著影响。分布式光伏发电系统通常包括光伏电池板、逆变器等设备, 它们将太阳能转化为电能并注入到配电网中。在配电网发生故障时, 这些光伏电源也会向故障点提供短路电流。由于光伏电源的接入位置、容量以及控制策略的差异, 其提供的短路电流与传统的系统电源提供的短路电流在大小和流向

上可能存在显著差异。首先, 光伏电源的接入位置会影响短路电流的流向。在分布式光伏发电系统中, 光伏电源可能接入配电网的多个位置, 这使得短路电流的流向变得更加复杂。不同于传统配电网中单一的电源到故障点的流向, 分布式光伏发电的接入可能导致短路电流在多个方向流动。其次, 光伏电源的容量越大, 其提供的短路电流也越大。在一些情况下, 光伏电源提供的短路电流甚至可能超过传统系统电源提供的短路电流, 从而对配电网的稳定运行产生显著影响。最后, 不同的控制策略可能导致光伏电源在故障发生时的响应速度和输出能力有所不同, 进而影响短路电流的大小和特性。例如, 一些先进的控制策略可以优化光伏电源的输出特性, 使其在故障发生时能够迅速提供足够的短路电流。

(二) 保护装置的误动或拒动

随着分布式光伏发电的广泛应用, 其接入电力系统的方式对传

统电网的短路电流特性产生了显著影响。在传统的电网结构中，短路电流主要来源于大型集中式发电厂和输电网络，因此其特性和大小是相对可预测的。但是，分布式光伏发电系统的接入使得短路电流的来源变得更加复杂和多样化。具体来说，分布式光伏发电系统通过光伏电池板将太阳能转化为电能，并直接接入配电网。在发生短路故障时，这些光伏系统可能会向故障点注入额外的短路电流。由于光伏系统的输出受光照、温度等环境因素的影响，其提供的短路电流的大小和特性可能会随时变化。传统的电网保护装置通常是根据电网的短路电流特性和大小进行设计和配置的。然而，由于分布式光伏发电的接入改变了这些特性，传统的保护装置可能无法准确地识别和处理故障。这主要表现在以下三个方面：其一，由于分布式光伏发电系统提供的短路电流可能较小或与传统电源的短路电流特性不同（见表1），保护装置可能无法及时或准确地检测到故障的存在。

表1 分布式光伏发电系统提供的短路电流与传统电源短路电流特性的比较

电流特性	分布式光伏发电系统	传统电源
短路电流大小	受光照、温度等环境因素影响，大小可变	通常较大且相对稳定
短路电流波形	可能存在谐波成分，波形畸变	波形较为正弦，谐波成分较少
短路电流上升速度	通常较快，受光伏系统控制策略影响	取决于电源类型和电网结构，可能较慢
持续时间	受光伏系统储能设备容量和控制策略影响，可能较短	通常较长，直至保护装置动作
对保护装置影响	可能导致保护装置误动或拒动，需要适应性调整保护定值	传统保护装置设计基础

其二，由于短路电流特性的改变，传统保护装置的整定值和动作时间可能不再适用，导致在故障发生时保护装置误动或拒动。误动可能会扩大故障范围，而拒动则可能延迟故障的切除，进一步加剧系统的不稳定。其三，传统保护装置的动作时间通常是基于固定的短路电流特性和大小进行设计的。然而，由于分布式光伏发电的接入，实际的短路电流特性和大小可能与设计值不符，导致保护装置的动作用时间延长或提前，从而影响故障的快速切除。分布式光伏发电在配电网中的占比逐年增长，呈现出稳步上升的趋势。从2015年的10%占比开始，分布式光伏发电在配电网中的份额逐年增加，到2022年已经达到了40%。这一显著的增长趋势表明了分布式光伏发电在电力系统中的快速发展和重要性不断提升。见图1。

（三）故障定位和隔离难度增加

在分布式光伏发电被大规模接入配电网之后，配电网的结构发生了显著的变化。传统的配电网通常是辐射型的，即电能从单一的大型发电厂流向用户，其电流方向相对固定。然而，随着分布式光伏发电的接入，配电网逐渐转变为多电源结构，这意味着电能不仅可以从主电网流向用户，还可以从分布在各地的光伏系统流向用户或其他电网节点。在辐射型配电网中，由于电流方向相对固定，故障通常可以通过简单的电流或电压测量来定位。但在多电源结构的配电网中，电流的方向和大小可能会随时变化，这使得故障的定位变得更加复杂和困难。当故障发生时，首先需要准确判断故障的位置和范围。在传统的辐射型配电网中，这通常可以通过测量电流或电压的幅值和相位来实现。但在多电源结构的配电网中，由于电流

的方向和大小可能会受到分布式光伏发电系统的影响，传统的故障定位方法可能不再适用。一旦故障被定位，就需要采取相应的措施进行隔离，以防止故障扩大和影响系统的稳定运行。在传统的辐射型配电网中，隔离故障通常是通过断开相应的开关或断路器来实现的。但在多电源结构的配电网中，由于电流可能从多个方向流向故障点，简单的断开开关或断路器可能无法有效地隔离故障。

因此，在分布式光伏发电接入后的多电源结构配电网中，需要采用更先进的故障定位和隔离技术。例如，可以利用基于智能电网的通信技术来实时监测电网的状态和电流的方向和大小，从而更准确地定位故障。同时，也可以采用基于先进控制算法的自动重合闸技术来快速隔离故障并恢复供电。

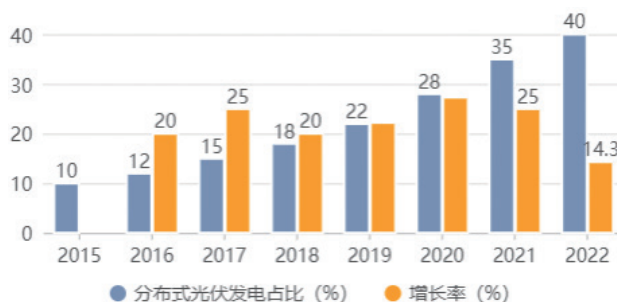
（四）配电网规划和运营管理的影响

分布式光伏发电的接入对配电网产生了深远的影响，这种影响不仅局限于配电网的运行方式，还涉及到配电网的规划和运营管理。在规划方面，传统的配电网规划主要关注电网的供电能力和负荷需求之间的平衡。然而，随着分布式光伏发电的接入，光伏电源成为了配电网中的一个重要组成部分，其接入位置和容量对配电网的短路电流特性产生了显著影响（见图2）。因此，在规划阶段，需要充分考虑光伏电源的接入位置和容量，以及它们与配电网其他部分的相互作用。光伏电源的接入位置和容量应根据配电网的实际情况进行合理布局。如果光伏电源接入位置过于集中或容量过大，可能会导致局部电网的短路电流超标，从而影响电网的安全稳定运行。

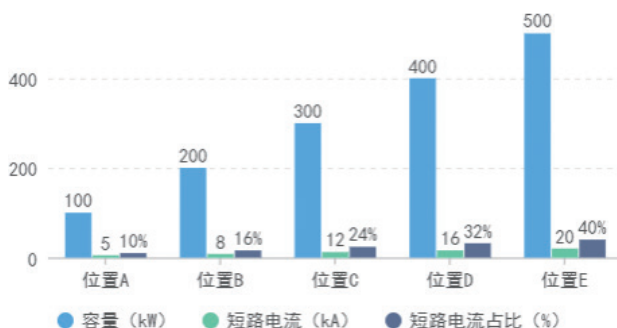
二、解决方案

（一）优化光伏电源的控制策略

随着分布式光伏发电在配电网中的广泛应用，其短路电流的响应速度和输出能力成为了关注的焦点。为了提高光伏电源在故障发生时的短路电流响应性能，可以采取一系列措施来改进光伏



> 图1 2015-2022年分布式光伏发电在配电网中的占比及增长趋势



> 图2 不同接入位置和容量对配电网短路电流特性的影响

电源的控制策略。第一，可以采用快速响应的逆变器控制策略。逆变器是光伏电源与电网之间的接口，其控制策略直接影响光伏电源的短路电流响应能力。传统的逆变器控制策略通常关注于最大功率点跟踪和并网电流控制，而在故障发生时可能无法迅速提供足够的短路电流。因此，可以采用快速响应的逆变器控制策略，例如基于瞬时值反馈的控制方法，使得逆变器能够在故障发生时迅速调整其输出电流，提供足够的短路电流支持。第二，可以增加储能设备来提高光伏电源的短路电流输出能力。储能设备如电池、超级电容器等可以在短时间内提供大量的电能，从而增强光伏电源在故障发生时的短路电流输出能力。通过合理配置储能设备的容量和充放电控制策略，可以确保在故障发生时光伏电源能够迅速提供足够的短路电流，满足电网的保护要求。第三，还可以采用其他措施来改进光伏电源的控制策略，提高其短路电流的响应速度和输出能力。例如，可以优化光伏电源的控制算法，提高其动态响应性能；可以加强光伏电源与电网之间的通信和协调，实现更快速的故障检测和响应；还可以采用先进的电力电子技术和控制方法，提高光伏电源的转换效率和输出能力。

(二) 完善保护装置的定值设置和动作逻辑

随着分布式光伏发电的广泛接入，其对配电网短路电流特性的影响不容忽视。为了确保电网的安全稳定运行，需要根据分布式光伏发电的接入情况和短路电流的特性变化，对保护装置进行相应的调整和优化。在传统的配电网中，保护装置的定值设置通常是基于固定的短路电流特性和大小进行的。然而，分布式光伏发电的接入改变了短路电流的特性，可能导致传统的定值设置不再适用。因此，需要根据实际情况重新整定保护装置的定值，以确保其能够准确地识别和处理故障，见表2。

表2 分布式光伏发电接入对短路电流特性的影响

光伏发电接入量	短路电流峰值 (kA)	短路电流有效值 (kA)
0	10	6
0.25	12	7
0.5	15	8
0.75	18	9
1	20	10

在整定定值的过程中，采用自适应的保护定值设置方法可以根据实时监测到的电网状态和短路电流特性，动态地调整保护装置的定值。例如，可以通过实时监测光伏电源的出力、电网的负荷情况以及短路电流的幅值和相位等信息，来实时调整保护装置的定值。这种自适应的定值设置方法可以更好地适应分布式光伏发电接入后的电网变化，提高保护装置的准确性和可靠性。除了重新整定定值设置外，还可以引入智能算法优化保护动作逻辑。传统的保护装置通常采用固定的动作逻辑，即根据测量到的电流或电压值来判断是否发生故障，并采取相应的动作。然而，在分布式光伏发电接入后，由于短路电流特性的变化，传统的动作逻辑可能无法准确地判断故障。

(三) 加强配电网的规划和运营管理

在配电网规划和运营管理方面，为降低分布式光伏发电对短路电流的影响，可以采取以下一系列具体措施：(1) 合理规划分布式光伏电源的接入位置和容量，避免其在配电网中的过度集中。在配电网规划阶段，应对光伏电源的接入位置和容量进行科学的评估和

论证。通过考虑电网的现有结构和未来的负荷增长，可以确定光伏电源的最佳接入点，以避免局部电网的短路电流超标。同时，光伏电源的容量也应根据电网的实际需求进行规划，避免容量过大或过小对电网造成不良影响。通过合理规划，可以确保光伏电源与配电网的协调发展，降低其对短路电流的不利影响。(2) 加强对分布式光伏电源的监管和调度管理，确保其在故障发生时能够按照要求提供短路电流。运营管理部门应建立完善的光伏电源监管机制，实时监测其运行状态和出力情况。通过远程监控和数据采集系统，可以及时发现光伏电源的异常情况，并采取相应措施进行处理。此外，还需要制定科学合理的调度策略，根据电网的实际需求和光伏电源的出力情况，对其进行合理的调度和控制。这样可以确保在故障发生时，光伏电源能够按照要求提供足够的短路电流支持。(3) 建立完善的配电网故障监测和诊断系统，及时发现并处理故障问题。

三、结语

综上所述，随着分布式光伏发电在配电网中的广泛应用，其对短路电流的影响不容忽视。通过改进光伏电源的控制策略、重新整定保护装置的定值设置和动作逻辑，以及加强配电网规划和运营管理等措施，可以有效地降低分布式光伏发电对短路电流的影响，提高电网的安全性和稳定性。未来，随着光伏技术的不断进步和智能电网的深入发展，我们相信分布式光伏发电与配电网的融合发展将更加紧密，为实现可持续能源利用和构建清洁、低碳、高效的能源体系做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 胡乃红, 李健. 适应大规模分布式光伏并网的无功电压控制方法[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2023, 25(06): 92-99.
- [2] 钟彬, 李冰若, 兰巧倩等. 基于多层感知器的分布式光伏发电系统发电量预估[J]. 电气自动化, 2023, 45(06): 81-85.
- [3] 贾俊, 季昆玉, 袁栋等. 分布式光伏发电场景下配电网多目标无功优化方法[J]. 自动化与仪器仪表, 2023, (11): 132-135+140.
- [4] 黄璋. 水电站分布式光伏发电的应用与研究[J]. 自动化应用, 2023, 64(20): 147-150.
- [5] 臧海岗. 分布式光伏发电对低压台区线损的影响与对策分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(10): 146-147.
- [6] 严轩. 基于分布式光伏发电的能源互联网平台分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(10): 372-373.
- [7] 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.
- [8] 杨晨洲. 分布式光伏电站发电效率提升策略研究[J]. 光源与照明, 2023, (09): 123-125.
- [9] 王之豪, 朱宇琳. 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.
- [10] 时璟丽. 分布式光伏发展模式和政策机制思考[J]. 中国电力企业管理, 2023, (25): 6-7.
- [11] 赵东昊. 分布式光伏并网对配电网的影响分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(12): 244-245.
- [12] 肖康, 刘旭, 朱洁. 分布式光伏电站对配电网短路电流的影响[J]. 农村电工, 2020, 28(11): 35-36.
- [13] 赵佳凯. 分布式光伏发电并网对配电网的影响分析[D]. 沈阳农业大学, 2020.
- [14] 秦腾. 分布式光伏发电接入配电网影响的实测与仿真分析[D]. 山东大学, 2019.
- [15] 李文才, 彭程, 王希平等. 分布式光伏发电并网对配电网继电保护的影响研究[J]. 机电信息, 2019, (08): 37+39.