

# 分布式电源接入对电力系统的影响研究

余亚坤

江西能创电力勘测设计有限公司, 江西 南昌 330000

**摘要：**随着能源需求的增长和对环境问题的关注，分布式电源作为一种可持续能源解决方案在全球范围内得到了广泛的关注和应用。通过将小型模块化发电设备接入电力系统，分布式电源可以提高能源效率和供电可靠性，减少传输和分配损失，降低环境污染，并为用户带来更加灵活和高效的能源服务。然而，分布式电源的接入也对电力系统带来了诸多影响和挑战。因此，本文旨在探讨分布式电源接入对电力系统的影响，以期为电力系统的规划、设计、运行和管理提供有益的参考和指导。

**关键词：**电力系统；分布式发电；分布式电源

## Study on the Impact of Distributed Power Access on Power System

Yu Yakun

Jiangxi Nengchuang Electric Power Survey and Design Co., Ltd, Jiangxi, Nanchang 330000

**Abstract：** With the growth of energy demand and concern for environmental issues, distributed power supply as a sustainable energy solution has gained widespread attention and application worldwide. By connecting small modular power generation equipment to the power system, distributed power can improve energy efficiency and power supply reliability, reduce transmission and distribution losses, decrease environmental pollution, and bring more flexible and efficient energy services to users. However, the access of distributed power supply also brings many impacts and challenges to the power system. Therefore, the purpose of this paper is to discuss the impact of distributed power access on the power system, with a view to providing useful reference and guidance for the planning, design, operation and management of the power system.

**Key words：** power system; distributed generation; distributed power supply

### 一、分布式发电技术概述

分布式发电技术是一种新型的发电方式，它将小型发电装置分布在电力系统中，以满足局部电力需求。相比于传统的集中式发电方式，分布式发电具有更高的能源利用效率和更好的环保性能。分布式发电技术采用多种可再生能源，如太阳能、风能、生物质能等，通过光伏、风力、生物质发电等技术将其转化为电能。这些小型发电装置可以被灵活地布置在靠近负荷中心的地方，以减少电力传输和分配损失，并提高电力系统的可靠性。此外，分布式发电技术还具有模块化、可扩展性强等特点，可以根据实际需求进行定制化的设计和建设。同时，它也可以与其他能源管理系统和智能电网技术相结合，实现电力系统的优化调度和能源管理。

### 二、分布式电源分类

#### (一) 光伏发电

光电转换装置，即将光能高效转换为电能的设备，其中的核心组件便是太阳能电池板。这种先进的太阳能电池板采用了新型的光电转换材料与技术，从而确保其在各种光照条件下均能维持高效的电能产出。通过太阳能光电技术所生产的电能，不仅完全满足居民的日常用电需求，而且还有剩余可供其他用途。在多个

技术领先的国家，这种清洁、可持续的电能已经被成功并入地区电网，有效弥补了传统电网的不足之处。

太阳能电池的工作原理主要依赖于能产生光电效应的特殊材料，如单晶硅和多晶硅。通过精密的掺杂工艺，我们可以在同一块硅材料上分别制造出N型和P型半导体，而这两者的交界面则被称为PN结。当太阳光照射到太阳能电池上时，其中的光子会被硅材料吸收，并激发出硅原子中的电子，使其跃迁到高能级。这种跃迁现象会导致P-N结两侧出现电荷的聚集，进而形成一个电位差。一旦外部电路接通，这个电位差就会驱动电流流动，从而产生可供外部使用的电能。

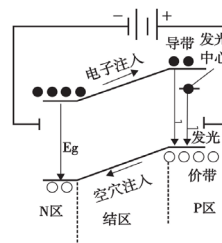


图1 晶体硅发电过程

#### (二) 风力发电

风能是一种广泛存在且具有可持续性的自然资源，通过风力发电机可以有效地将其转化为电能。风力发电机通常由叶片、发电机、

塔筒等部分组成。当风吹动叶片时，叶片会旋转并驱动发电机转动，进而产生电能。这种发电方式不仅具有环保性，而且可以在风资源丰富地区实现能源的有效利用。随着技术的不断进步和成本的降低，风能发电在全球范围内的应用越来越广泛，成为实现可持续能源发展的重要途径之一。同时，风能发电还可以与其他分布式电源技术相结合，形成混合能源系统，提高电力系统的稳定性和可靠性。

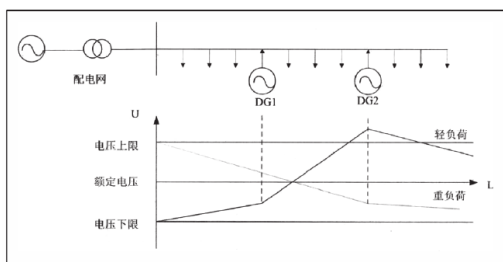
### （三）生物质能发电

生物质能是一种可再生能源，其来源于有机物质，包括农业废弃物、林业废弃物、生活垃圾等。通过生物质发电技术，这些废弃物可以被转化为电能。生物质发电的过程通常包括生物质的收集、处理、转化和利用。其中，生物质的转化是关键步骤，可以采用不同的技术，如直接燃烧、气化、发酵等。在直接燃烧发电中，生物质被燃烧产生的热能驱动蒸汽轮机或燃气轮机发电。而在气化发电中，生物质在缺氧或控制氧气的条件下被加热，产生可燃气体，再经过清洁和处理后用于发电。另外，生物质还可以通过发酵过程产生沼气，再进一步用于发电。生物质能发电具有许多优点。首先，它有助于减少废弃物的堆积和污染，实现废弃物的资源化利用。其次，生物质作为可再生能源，其利用有助于减少对化石燃料的依赖，降低温室气体排放，从而减缓气候变化的影响。此外，生物质能发电还可以为农村地区提供就业机会和增加收入来源。

## 三、分布式电源接入对电力系统的影响

### （一）电压分布受到的影响

配电网在接入分布式电源后，其原有的拓扑结构会发生显著变化，由此导致电网中的潮流分布，包括其幅值和方向，也会产生相应的变动。这种变动会进一步引发电网电压分布的改变。这种电压分布的改变不仅广泛，而且深远，可能会对电网的安全性和稳定性造成实质性的影响。输配电系统中，供电地点对电网的电压分布有着不可忽视的影响。特别是当接入节点与汇流排之间的距离过大时，这种影响会更为显著。然而，值得注意的是，当电网中的节点数量增多时，电网对电压的支撑能力也会相应增强，见图2，针对这种情况，我们提出了一种基于网络拓扑结构的电力网络优化方法。此种方法旨在通过优化网络的拓扑结构，来改善电网的电压分布，从而提高电网的稳定性和安全性。具体来说，随着供电总量的增加，电网的电压支撑作用也会相应增强，这将有助于改善整个电网的电压状况。因此，我们的方法着重考虑如何通过优化供电总量和供电地点的选择，来最大限度地发挥电网的电压支撑作用，从而达到改善电网电压分布的目的。



>图2 节点电压受分布式电源的影响

在图2中，节点的电压状态是由一个分布式供电装置所决定的，这反映了分布式电源对电网电压分布的深远影响。以某一实际并入220kV电力公司的工厂为例，当母线电压稳定在228.02千伏，而且1#主变的负载达到28.28MW时，根据特定的变比条件进行计算，我们可以发现11千伏I母线的电压为107.1502千伏。

此外，该系统的输出功率分别为6.7MW和26.7MW，显示了分布式电源在电网中的重要作用。值得注意的是，在其他电网参数保持不变的情况下，当电压等级为110kV时，母线电压能够达到108.3512kV。这一数据明显表明，分布式电源的接入使得母线电压得到了显著的改善。这进一步证实了分布式电源在优化电网电压分布、提高电网稳定性方面的巨大潜力。

### （二）对电力系统可靠性的影响

首先，分布式电源可以作为备用电源，在电力系统发生故障或主电源失效时，提供紧急电力供应，从而缩短停电时间，提高供电可靠性。这种备用电源的作用在自然灾害、设备故障或电网拥堵等情况下尤为重要。通过分布式电源的接入，电力系统的冗余度和韧性得以增强，能够更好地应对各种不确定性和突发状况。

然而，另一方面，分布式电源的接入也可能增加电力系统的故障率。由于分布式电源通常是通过电力电子转换器与电力系统相连，这些转换器可能引发电力质量问题，如谐波失真、电压波动和闪变等。同时，分布式电源的接入点可能引发短路故障，特别是在电网保护和控制机制不完善的情况下。这种短路故障可能对电力系统的稳定性和安全性造成威胁，甚至引发连锁故障。

因此，在接入分布式电源时，需要综合考虑其对电力系统可靠性的正反两方面影响，制定合理的规划和管理策略。例如，可以优化分布式电源的选址和容量配置，加强电力系统的保护和控制机制，提高电力电子转换器的性能和质量等，以最大限度地发挥分布式电源的优势，降低其潜在风险。同时，还需要加强电力系统的监测和维护，及时发现和解决潜在的安全隐患和故障问题。

### （三）谐波污染

因为风力与太阳能等发电形式主要以直流电为主，需要借助逆变器才可以与交流配电网结合，因为逆变器启停操作频繁，在开启或是关闭的瞬时能够形成谐波分量，若是逆变器触发脉冲与参数出现变化还会形成直流电，导致电压波形出现畸变现象。谐波污染会导致电压变形出现电容组共振以及电压变形超出要求范围等问题。相关研究显示，随着分布式电源和母线间距缩短，其谐波分量会减少，总处理决定了谐波畸变率，在节点负荷增加过程中，畸变量也会随之增加。所以，需要对其接入位置进行合理规划。在交流配电网中，为了有效整合风力、太阳能等可再生能源，逆变器的引入成为一项关键技术。然而，逆变器的电源开关在频繁启动和停止的过程中，可能会产生谐波成分。特别是当逆变驱动脉冲的产生及其参数发生变化时，还可能导致直流电流的出现，这些都可能引发电压波形的畸变。谐波的存在会带来一系列不良影响，包括但不限于电压的畸变、电容器之间的谐振，

以及进一步的电压失真。据相关研究显示，配电网与母线之间的距离和整个系统的谐波畸变程度之间存在一种关联：间距越小，所产生的谐波成分通常也越少。

因此，为了确保配电网的安全、稳定运行，我们必须对分布式电源的接入地点进行谨慎而合理的规划。这包括对逆变器的选择和配置进行优化，以减少可能产生的谐波成分，同时考虑如何最大限度地降低其对电网电压分布和稳定性的不良影响。

#### (四) 继电保护器受到的影响

在中国，中、低压配电系统主要采用的是单供电方式，构建了辐射型的配电网。这种网络结构的特点在于其流向清晰、操作简便，以及在出现故障时，失效往往是瞬时的，使得故障排查和恢复相对快速。但是，随着分布式电源的引入，这种传统的配电网结构面临着一系列的挑战。

分布式电源的接入会导致配电网变得更加复杂，可能会形成多个子网络，增加了电网的管理和运营难度。尤其是当分布式电源的数量增多或者其容量增大时，这种复杂性带来的影响更为明显。这可能会导致原有的电网保护功能受到影响，使得在故障发生时，难以进行快速准确的判断，并及时采取维修措施，从而对整个电网的安全稳定运行构成威胁。

为了应对这一挑战，S电力公司采取了多项改进措施来确保电网的安全可靠运行。其中包括增设10kV间隔，并加装了110kV故障录波装置，以提高电网的故障检测和记录能力。此外，还替换了35kV和110kV变电公司的交流、直流隔离屏，以提升电网的隔离和保护性能。这些改进措施有助于保障电网在接入分布式电源后的安全稳定运行。

#### (五) 电力系统线路损耗受到的影响

新能源发电不仅在经济效益上表现显著，其较小的规模也使其成为满足地区性电力需求的理想选择，尤其有助于解决由电力短缺导致的供电紧张问题。将这种技术融入区域性电网，可以明显降低电网损耗，从而提高新能源的利用效率。以S电力公司的L变电所为例，该变电所装有两台40Mw的主变，但在接入分布式发电系统前，其供电能力并不能完全满足当地的电力需求。在今年8月16日的高温天气中，L变电所甚至出现了主变过载和满负荷运行的情况。这显示，尽管电网在一定程度上通过峰谷分时方式

缓解了供电压力，但仍需进一步的优化措施。

随后，通过接入20MW的分布式电源，L变电所主变负荷过大的问题得到了进一步的缓解。为了实现这一目标，选择了一套与35kV母线相连的煤矸石发电装置。这种分布式电源不仅影响无功，还对网损有显著影响。为了深入研究这种影响，我们利用线损分析软件对B、G、J、Q等多个电厂的分布式电源并网情况进行了详细的线损分析，范围涵盖了S地区内所有35kV、110kV和220kV的变电站。

测试内容包括：对110kV和220kV进线和主变压器的无功、电流和有功进行测量；对10kV、35kV、110kV和220kV的开关和主变压器的无功和有功电能表进行记录；使用SCADA系统实时监测电网的无功、有功、电压和电流等参数；并对10kV输电线路的线损进行了详细的计算和分析。见下表1

表1 接入DG前后全网线损情况

项目	供电量	线损率	修正线损率
DG接入前	15034.8835	0.97	0.97
DG接入后	15034.1403	0.96	0.96

通过上表1能够发现，B电厂、G电厂、J电厂、Q电厂接入DG前线损率为97%，而接入DG之后线损率为96%，所以通过接入DG能够有效减少电力系统线损率，进而有效保证系统运行稳定性。

## 四、结语

综上所述，经过深入分析，我们发现分布式电源的接入对电力系统具有显著影响。这种影响既包括对电力系统稳定性、电压分布、可靠性的积极改善，也可能带来一些挑战，如短路故障风险和电力质量问题。因此，我们必须以谨慎和科学的态度对待分布式电源的接入，充分发挥其潜力，同时最小化可能的风险。未来，随着技术的进步和电力系统的升级，分布式电源的角色将更加突出。预计将有更多的分布式电源接入电力系统，与之相关的研究也将更加深入。为了更好地应对这一趋势，我们需要不断优化电力系统的设计和管理，提高电力系统的智能化水平，以确保电力系统的安全、稳定、高效运行。

## 参考文献：

- [1] 马浩博,王鹏,刘慧等.分布式电源在农村电网规划中的应用[J].石河子科技,2023,(06):28-29.
- [2] 王星海,李鑫,王世坤等.考虑分布式电源接入的配电网多目标优化重构方法研究[J].山东电力技术,2023,50(11):60-67.
- [3] 潘洁.基于分布式电源的智能配电网优化策略分析[J].集成电路应用,2023,40(10):376-377.
- [4] 崔艳林,林旭,郭俊宏.计及分布式电源的复杂配网潮流特性仿真分析[J].电气自动化,2023,45(05):106-108.
- [5] 白杰,姚朋辉,张越铨等.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.
- [6] 王荔.分布式电源对配网供电电压质量的影响[J].模具制造,2023,23(09):235-237.
- [7] 张登义.分布式电源及其并网对电力系统的影响研究[J].科技风,2021,(17):193-195.
- [8] 魏正潮.分布式电源接入对基于DMS系统的配网故障研判功能模块的影响[D].广西大学,2021.
- [9] 马诚.分布式电源接入对电力系统稳定运行产生的影响分析[J].电子测试,2021,(03):111-112+104.
- [10] 温鹏,郭琳.分布式供电电源对电力系统的影响[J].数字传媒研究,2020,37(09):62-65.