

# 新能源发电接入对电力系统的影响分析

李鹏超

国能吴桥生物发电有限公司 山东 德州 253000

**摘要:** 在全球追求环境保护与可持续发展的浪潮下, 新能源发电在电力系统中的占比持续攀升。鉴于新能源发电间歇性、波动性和不确定性等特性, 其大规模接入给电力系统的规划、运行及控制带来了诸多挑战。本文深入剖析新能源发电接入对电力系统在电能质量、稳定性、继电保护、电网调度以及电力市场等方面产生的影响, 并提出相应应对策略, 旨在为新能源发电合理接入及电力系统安全稳定运行提供参考。

**关键词:** 新能源发电; 电力系统; 影响分析; 应对策略

## 引言

传统化石能源的日益枯竭以及其所引发的环境污染问题, 已成为全球亟待解决的重大挑战。在此背景下, 新能源发电作为一种清洁、可再生的能源利用方式, 得到了世界各国的广泛关注和大力发展。风能、太阳能、水能、生物质能等新能源发电技术不断取得突破, 应用规模日益扩大。然而, 新能源发电与传统能源发电在特性上存在显著差异, 其大规模接入电力系统后, 对电力系统的各个方面产生了深远影响。深入研究这些影响并采取有效的应对措施, 对于保障电力系统的安全稳定运行、提高能源利用效率以及促进新能源的可持续发展具有至关重要的意义。

## 1 新能源发电的特点

### 1.1 随机性和间歇性

新能源发电的能量来源, 如太阳能和风能, 受自然条件的影响较大。太阳能发电的出力取决于日照强度、日照时间等因素, 而风力发电的出力则与风速、风向等密切相关。这些自然因素具有很大的不确定性, 导致新能源发电的出力呈现出随机性和间歇性的特点。例如, 在阴天或夜晚, 太阳能发电的出力会大幅下降甚至为零; 而在无风或风速不稳定的情况下, 风力发电的出力也会受到影响。

### 1.2 波动性

新能源发电的出力不仅具有随机性和间歇性, 还存在较大的波动性。以风力发电为例, 风速的突然变化会导致风力发电机组的输出功率在短时间内发生较大幅度的波动。这种波动性会给电力系统的功率平衡带来挑战, 增加系统的调峰难度。

### 1.3 分布式特点

新能源发电资源通常具有分布式特点, 如分布式太阳能光伏发电系统可以安装在建筑物屋顶、工业园区等场所。分布式新能源发电的接入使得电力系统的电源结

构更加分散, 增加了电网的复杂性和管理难度。

## 2 新能源发电接入对电力系统的影响

### 2.1 对电能质量的影响

新能源发电接入对电力系统的电能质量产生了多方面的影响。由于新能源发电的间歇性和波动性, 其输出功率的快速变化会导致接入点电压的波动和闪变。当新能源发电的输出功率突然增加时, 接入点的电压会升高; 而当输出功率突然减小时, 电压则会降低。这种电压的频繁波动和闪变会影响用户的用电质量, 导致电器设备的运行不稳定, 甚至可能损坏设备。例如, 对于一些对电压稳定性要求较高的精密仪器设备, 电压波动和闪变可能会导致其测量结果不准确或无法正常工作。此外, 新能源发电设备中的电力电子装置, 如逆变器, 在运行过程中会产生谐波电流。这些谐波电流注入电网后, 会引起电压和电流的波形畸变, 产生谐波污染。谐波会对电网中的电气设备造成损害, 降低设备的效率和寿命。例如, 谐波会使变压器的铁芯损耗增加, 导致变压器发热加剧, 缩短其使用寿命; 同时, 谐波还可能引发谐振问题, 进一步加剧电网的电压波动和电流畸变<sup>[1]</sup>。另外, 对于一些分布式新能源发电系统, 如单相光伏发电系统, 如果接入电网的方式不合理, 可能会导致三相电流不平衡。三相电流不平衡会使电网中的中性线电流增大, 增加线路损耗, 同时还会影响三相电动机等设备的正常运行, 降低设备的效率和性能。

### 2.2 对电力系统稳定性的影响

新能源发电接入对电力系统的稳定性产生了显著影响, 主要体现在频率稳定性、电压稳定性和功角稳定性三个方面。在频率稳定性方面, 新能源发电的低惯性特性使得电力系统的频率调节能力下降。当系统中出现功率不平衡时, 传统同步发电机可以通过释放储存的动能来维持频率的稳定, 而新能源发电设备由于惯性小,

无法提供有效的惯性支持。这使得频率的变化速度加快，频率稳定裕度减小。例如，当系统中突然失去一部分新能源发电功率时，由于缺乏惯性支持，频率会迅速下降，如果频率下降幅度过大，可能会导致系统频率崩溃，引发大面积停电事故。在电压稳定性方面，新能源发电的大规模接入改变了电网的潮流分布和电压特性。新能源发电通常分布在电网的末端或用户侧，其接入会使电网的潮流方向和大小发生变化。在新能源发电输出功率突然变化或电网发生故障时，可能会导致接入点电压失稳。例如，当新能源发电输出功率突然增加时，接入点的电压会升高，如果电压升高幅度过大，可能会超过电气设备的耐受电压，导致设备损坏；而当新能源发电输出功率突然减小时，电压则会降低，如果电压降低到一定程度，可能会引发电压崩溃事故。在功角稳定性方面，新能源发电设备通过电力电子装置接入电网，其动态特性与传统同步发电机有很大差异。新能源发电的接入可能会改变电力系统的等效阻抗和功角特性，影响系统的功角稳定性。在系统受到大的扰动时，传统同步发电机之间会通过电磁功率的相互作用来维持功角稳定，而新能源发电设备由于其特殊的控制方式和动态特性，可能会干扰这种相互作用，导致发电机之间的功角失稳，引发系统振荡甚至解列。

### 2.3 对继电保护的影响

新能源发电接入对电力系统的继电保护产生了重要影响，主要体现在保护原理的适应性和保护配合的复杂性两个方面。传统继电保护装置是基于传统同步发电机的特性设计的，而新能源发电的接入改变了电网的故障特征和短路电流水平。新能源发电设备在故障时提供的短路电流较小，且具有不同的时间特性。例如，传统同步发电机在故障时能够提供较大的短路电流，并且短路电流的变化具有一定的规律性，而新能源发电设备由于采用电力电子控制技术，其短路电流的大小和变化规律与传统同步发电机有很大不同。这使得传统继电保护装置的动作特性发生变化，可能出现拒动或误动的情况。例如，当电网发生故障时，传统继电保护装置可能由于无法准确识别新能源发电设备提供的短路电流而拒动，导致故障无法及时切除；或者由于误判故障而误动，扩大停电范围。此外，新能源发电的分散性接入使得电网的结构更加复杂，保护装置之间的配合难度增加<sup>[2]</sup>。在含有大量分布式新能源发电的配电网中，保护装置需要考虑到新能源发电设备的接入位置、容量和运行方式等因素，合理配置和整定保护参数。然而，由于新能源发电的不确定性，很难准确预测其在不同工况下的短路电流

和故障特征，这给保护装置之间的配合带来了很大的困难。例如，在一条配电网线路中，如果同时接入多个分布式新能源发电系统，当线路发生故障时，各个保护装置的动作时间和动作范围可能会相互影响，导致保护的选择性、速动性、灵敏性和可靠性受到影响。

### 2.4 对电网调度的影响

新能源发电接入给电网调度带来了诸多挑战，主要体现在预测难度增加和调度策略需要调整两个方面。由于新能源发电的间歇性和波动性，其发电功率的准确预测难度较大。新能源发电受到自然条件的影响，如风速、光照强度等，这些自然因素具有随机性和不确定性，难以精确预测。目前，虽然已经有一些新能源发电功率预测技术，但由于自然条件的复杂性和多变性，预测精度仍然有限。这使得电网调度部门难以准确掌握新能源发电的出力情况，增加了电网调度的难度和不确定性。例如，电网调度部门在制定发电计划时，需要根据新能源发电的预测出力来安排常规电源的出力，但由于预测不准确，可能会导致发电计划与实际需求不符，出现功率过剩或不足的情况。此外，新能源发电的大规模接入要求电网调度部门调整传统的调度策略，充分考虑新能源发电的特性。传统调度策略主要是基于常规电源的发电特性制定的，而新能源发电具有不同的出力特性和运行要求。例如，新能源发电的出力具有随机性和波动性，需要合理安排常规电源的出力来平衡其波动；同时，新能源发电通常具有优先消纳的政策要求，需要在调度中给予优先考虑。因此，电网调度部门需要优化电网的运行方式，采用更加灵活的调度策略，提高电网对新能源发电的消纳能力。

### 2.5 对电力市场的影响

新能源发电接入对电力市场产生了深远影响，主要体现在市场机制的变化和交易模式的创新两个方面。新能源发电的接入改变了电力市场的供需关系和成本结构。新能源发电的成本较低，且具有一定的政策补贴，这使得新能源发电在市场中的竞争力逐渐增强。与传统发电企业相比，新能源发电企业在电价上具有一定的优势，这可能会对传统发电企业的市场竞争力产生影响。例如，在电力市场中，新能源发电企业可能会以较低的价格参与竞价，导致传统发电企业的市场份额下降，利润空间受到挤压。因此，需要建立适应新能源发电特点的电力市场机制，促进新能源发电的合理消纳<sup>[3]</sup>。例如，可以通过制定合理的电价机制，反映新能源发电的成本和环境价值，鼓励新能源发电的发展；同时，合理调整传统发电企业的电价，保障其合法权益，促进电力市场

的公平竞争。此外，随着新能源发电的发展，分布式新能源发电的交易需求逐渐增加。传统的电力交易模式主要适用于集中式发电和大用户之间的交易，无法满足分布式新能源发电的交易需求。因此，需要探索新的电力交易模式，如分布式能源交易、绿证交易等。分布式能源交易允许分布式新能源发电用户与周边用户进行直接交易，提高了能源的利用效率；绿证交易则为新能源发电企业提供了一种额外的收益渠道，促进了新能源发电的发展。

### 3 应对新能源发电接入影响的策略

#### 3.1 提高电网稳定性

##### 3.1.1 加强电网建设

加强电网建设，提高电网的输电能力和适应性。通过建设坚强的电网架构，优化电网潮流分布，降低新能源发电接入对电网电压和频率的影响。同时，加强电网的无功补偿和调压设备配置，提高电网的电压调节能力。

##### 3.1.2 采用先进的控制技术

采用先进的控制技术，如新能源发电的功率预测技术、虚拟同步发电机技术、柔性直流输电技术等，提高新能源发电的可控性和稳定性。功率预测技术可以提前预测新能源发电的出力情况，为电力调度提供依据；虚拟同步发电机技术可以使新能源发电设备具有类似同步发电机的惯量和阻尼特性，提高系统的功角稳定性；柔性直流输电技术可以实现新能源发电的远距离、大容量输送，并提高电网的灵活性和可控性。

#### 3.2 改善电能质量

##### 3.2.1 安装电能质量治理设备

在新能源发电接入点安装电能质量治理设备，如无功补偿装置、滤波器、动态电压恢复器等，以抑制电压波动和闪变、谐波污染和三相不平衡等问题。无功补偿装置可以调节电网的无功功率，提高电压稳定性；滤波器可以滤除谐波电流，改善电能质量；动态电压恢复器可以在电压波动时快速补偿电压，保证用电设备的正常运行。

##### 3.2.2 优化新能源发电设备设计

优化新能源发电设备的设计，降低其产生的谐波和三相不平衡度。例如，采用先进的电力电子变换器拓扑结构和控制策略，减少谐波的产生；合理设计新能源发电系统的接线方式，降低三相不平衡度。

#### 3.3 优化电力调度和规划

##### 3.3.1 建立精准的预测模型

建立精准的新能源发电功率预测模型，提高预测的准确性。通过综合考虑气象数据、历史发电数据等因素，采用先进的预测算法，如机器学习算法、深度学习

算法等，对新能源发电的出力进行短期、中期和长期预测，为电力调度和规划提供可靠依据。

##### 3.3.2 加强储能系统建设

加强储能系统的建设，提高电力系统的调峰能力和灵活性。储能系统可以在新能源发电出力过剩时储存电能，在出力不足时释放电能，从而平滑新能源发电的出力波动，提高电力系统的稳定性。常见的储能技术包括电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能等。

##### 3.3.3 开展多能互补规划

开展多能互补规划，实现新能源发电与传统能源发电的优化配置。通过将新能源发电与水电、火电、核电等传统能源发电相结合，充分发挥各种能源的优势，提高电力系统的可靠性和经济性。例如，在风力发电和太阳能发电出力不足时，利用水电或火电进行补充；在新能源发电出力过剩时，将多余的电能用于抽水蓄能或电解水制氢等。

#### 3.4 完善电力市场机制

##### 3.4.1 建立合理的价格机制

建立合理的电力市场价格机制，反映新能源发电的环境价值和成本特性。通过实行分时电价、实时电价等价格机制，引导用户合理用电，促进新能源的消纳。同时，对新能源发电给予一定的补贴或优惠政策，提高其在市场中的竞争力。

##### 3.4.2 健全市场交易规则

健全电力市场交易规则，为新能源发电提供公平、公正的市场环境。建立绿证交易市场，鼓励用户购买绿色电力证书，支持新能源发电的发展；完善辅助服务市场，明确新能源发电在提供辅助服务方面的责任和义务，促进新能源发电与传统电源的协调运行。

#### 结束语

通过这些措施的实施，可以充分发挥新能源发电的优势，保障电力系统的安全稳定运行，推动能源的可持续发展。未来，随着新能源技术的不断进步和电力市场机制的不断完善，新能源发电将在电力系统中发挥更加重要的作用。

#### 参考文献

- [1]李冠森.新能源发电技术在电力系统中的应用[J].光源与照明,2022(2):198-200.
- [2]刘澄,王辉,李天慧,等.分布式新能源发电对配电网电压影响研究[J].可再生能源,2019,37(10):1465-1471.
- [3]李冠森.新能源发电技术在电力系统中的应用[J].光源与照明,2022(2):198-200.