

# 配电自动化中的分布式能源接入与管理

罗受佳 申屠健攀 殷晓晖

浙江华云电力工程设计咨询有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 随着可再生能源的快速发展,分布式能源(DERs)在配电系统中的应用日益广泛。本文探讨了配电自动化中DERs的接入与管理策略,分析了其对配电系统的影响,并提出了相应的管理建议,旨在提高配电系统的效率、可靠性和经济性。

**关键词:** 配电自动化;分布式能源;接入策略;能源管理

## 引言

随着能源结构的转型和可再生能源技术的不断进步,分布式能源(如太阳能光伏、风力发电、微型燃气轮机等)在配电系统中的比重逐年增加。这些能源的接入对配电系统的运行、控制和保护带来了新的挑战。因此,如何在配电自动化框架下有效地接入和管理这些分布式能源成为当前研究的热点。

### 1 分布式能源的特点及其对配电系统的影响

分布式能源(DERs)以其独特的优势和特点,在现代电力系统中逐渐占据一席之地。它们通常具有容量小、地理位置分散的特性,这使得它们能够灵活地部署在各种环境中,无论是城市还是偏远地区。此外,DERs往往依赖于可再生能源,如风能和太阳能,因此它们也表现出了间歇性和不确定性的输出特性。这些特点使得DERs在提供清洁能源的同时,也给配电系统带来了新的挑战。大规模接入DERs会对配电系统的多个方面产生显著影响。首先,由于DERs的输出受天气条件等自然因素的影响,其波动性可能导致系统电压的不稳定。例如,在日照充足的情况下,光伏发电系统会产生大量的电能,这可能导致系统电压升高,甚至超过允许范围。同样,风力发电的输出也会随风速的变化而波动,从而引发系统的频率偏差。此外,DERs的接入还可能对配电系统的谐波产生影响。由于DERs的电力电子设备在工作时会产生谐波,这些谐波可能会干扰系统的正常运行,甚至损坏设备。最后,DERs的接入也对配电系统的保护策略提出了新的要求。传统的保护策略可能无法适应DERs的接入,因此需要开发新的保护算法和设备,以确保系统的安全稳定运行<sup>[1]</sup>。虽然DERs具有许多优点,但它们的接入也对配电系统带来了新的挑战。为了充分发挥DERs的潜力,需要深入研究其特点和对系统的影响,并采取相应的措施来管理和优化其运行。

## 2 配电自动化中的分布式能源接入策略

### 2.1 容量规划与布局优化

在配电自动化系统中,分布式能源(DERs)的接入策略至关重要。为了确保DERs的顺利接入并避免对配电系统造成过大的冲击,需要进行细致的容量规划与布局优化。容量规划是DERs接入的首要任务。配电系统在设计时已有一定的容量裕度,但大量DERs的接入可能会超出系统的承受能力。因此,要根据配电系统的实际情况,包括现有负荷、设备容量、线路传输能力等因素,以及DERs的出力特性和预测数据,进行合理的容量规划。这包括对DERs的总容量进行限制,以及对单个DERs的容量进行规定,确保其在接入后不会引发系统过载或电压波动等问题。布局优化则是确保DERs在配电系统中合理分布的关键。DERs的地理位置分散,但其接入点的选择对系统的影响不容忽视。合理的布局可以减少线路损耗、平衡系统负荷、提高能源利用效率。在布局优化时,需要考虑DERs与负荷中心的距离、线路走廊的可用性、地形地貌等因素。通过优化算法或仿真模拟等手段,可以确定最佳的接入点和线路路径,使DERs能够更好地融入配电系统。此外,为了确保DERs的接入不会对系统造成过大的冲击,还需要采取一系列的技术措施。例如,可以配置储能设备来平抑DERs的出力波动,减少其对系统电压和频率的影响;采用先进的保护和控制策略,确保在故障发生时能够快速准确地切除故障部分,防止事故扩大;加强与上级电网的协调配合,实现能源的互补和优化配置<sup>[2]</sup>。配电自动化中的DERs接入策略需要综合考虑容量规划、布局优化和技术措施等多个方面。通过科学合理的规划和优化,可以确保DERs的顺利接入并充分发挥其在配电系统中的优势和作用。

### 2.2 接口技术与标准

在配电自动化系统中,分布式能源(DERs)的接入不仅关乎能源的高效利用,更与系统的安全稳定运行息

息相关。其中，接口技术与标准的制定是实现DERs顺利接入的关键环节。接口技术作为DERs与配电系统之间的桥梁，其重要性不言而喻。为了确保DERs能够安全、稳定地接入配电系统，必须制定统一的接口技术标准。这一标准应涵盖物理接口、通信协议、数据格式等多个方面，确保不同厂商、不同类型的DERs都能够与系统无缝对接。在物理接口方面，应规定统一的连接方式和电气参数，确保DERs与配电系统之间的电气连接安全可靠。同时，考虑到DERs可能产生的谐波和电压波动等问题，接口设计还应具备相应的滤波和稳压功能，以保障系统的电能质量。通信协议和数据格式的统一则是实现DERs与配电系统互联互通的基础。通过制定标准的通信协议，可以确保DERs与系统之间能够实时、准确地传输运行数据和控制指令。而统一的数据格式则便于系统对DERs的运行状态进行实时监测和评估，从而优化能源调度和管理策略。此外，接口技术与标准的制定还应兼顾灵活性和可扩展性。随着DERs技术的不断发展和新能源汽车等新型负荷的接入，配电系统将面临更加复杂多变的运行环境。因此，接口标准应具备一定的前瞻性和适应性，以便在未来进行必要的升级和扩展<sup>[3]</sup>。制定统一的接口技术和标准是确保DERs安全、稳定接入配电系统的关键所在。通过规范化的接口设计和管理，不仅可以降低系统的运行风险，还能提升能源利用效率，推动配电自动化系统的持续发展与进步。

### 2.3 保护与控制策略

在配电自动化系统中，随着分布式能源（DERs）的大规模接入，系统的保护与控制策略也需要进行相应的调整和优化。这是因为DERs的接入会给配电系统带来新的挑战和问题，如双向潮流、短路电流变化、电压波动等。为了确保系统的稳定运行，必须针对这些问题制定相应的保护与控制策略。首先，保护策略是确保配电系统安全的重要手段。在DERs接入后，由于潮流的双向性和短路电流的变化，传统的保护策略可能不再适用。因此，需要重新评估和整定保护装置，确保其能够准确、快速地切除故障部分，防止事故扩大。同时，还可以考虑采用差动保护、方向保护等先进的保护原理，提高保护的灵敏性和选择性。其次，控制策略是实现配电系统稳定运行的关键。DERs的接入会导致系统电压和频率的波动，因此需要采用相应的控制策略来平抑这些波动。例如，可以通过调整DERs的有功和无功出力来控制系统的电压和频率，或者利用储能设备来吸收和释放能量，保持系统的功率平衡。此外，还可以采用协调控制策略，实现DERs与配电系统其他部分的协同运行，提高系

统的整体性能。

## 3 分布式能源的管理策略

### 3.1 集中管理与分散控制

随着分布式能源（DERs）在电力系统中的广泛应用，如何有效地管理这些分散在各地的能源成为了一个重要的问题。集中管理与分散控制相结合的策略，为这一问题提供了有效的解决方案。集中管理是指建立一个统一的管理平台，对分散在各地的DERs进行集中调度和管理。这个平台可以收集各个DERs的运行数据，监测其状态，并根据系统的整体需求进行统一的调度。例如，当系统电力不足时，管理平台可以调度闲置的DERs增加出力，以满足系统的需求；当系统电力过剩时，管理平台则可以调度DERs减少出力或者进行储能，以避免能源的浪费。集中管理的优势在于可以全局优化资源的配置，提高能源利用效率。同时，通过集中管理，还可以对DERs进行统一的维护和升级，降低运营成本。然而，集中管理也存在一些挑战，例如需要处理大量的数据和信息，对通信和计算能力要求较高。与集中管理相对应的是分散控制。分散控制是指在DERs端实施本地化的控制策略，使其能够根据系统需求进行自适应调整。例如，当DERs检测到本地电压偏低时，可以自动增加无功出力以提高电压；当检测到本地频率偏高时，则可以自动减少有功出力以降低频率。分散控制的优势在于响应速度快，对通信和计算能力的要求较低。同时，由于控制策略是本地化的，因此可以更好地适应DERs的特性和运行环境。然而，分散控制也存在一些问题，例如难以实现全局优化，可能导致局部最优而非全局最优<sup>[4]</sup>。集中管理与分散控制相结合的策略可以充分发挥两者的优势，实现全局优化和快速响应的统一。通过建立集中管理平台和实施分散控制策略，可以有效地管理分散在各地的DERs，提高能源利用效率，保障电力系统的稳定运行。

### 3.2 需求侧管理

在分布式能源（DERs）日益普及的背景下，需求侧管理成为了提高能源利用效率、减少能源浪费的关键手段。需求侧管理主要通过价格信号、激励机制等手段，引导用户合理使用DERs产生的电能，从而实现能源的优化配置。价格信号是一种有效的需求侧管理工具。通过设定不同时段、不同用电量的电价，可以引导用户在高峰时段减少用电，而在低谷时段增加用电。这种价格差异可以鼓励用户更加合理地安排自己的用电行为，从而减少能源的浪费。例如，对于装有光伏发电系统的用户，可以在阳光充足时通过降低电价来鼓励其多用电，而在夜晚则通过提高电价来减少其用电量。除了价格信

号外，激励机制也是需求侧管理的重要手段。通过给予用户一定的经济奖励或者提供其他的优惠措施，可以激励用户更加积极地参与能源管理。例如，对于那些积极响应价格信号、主动减少用电的用户，可以给予一定的电费折扣或者积分奖励。这些奖励可以进一步鼓励用户的节能行为，从而形成良性循环。需求侧管理的实施不仅可以提高能源利用效率，还可以减轻电网的负担。通过引导用户合理用电，可以减少电网在高峰时段的负荷，从而降低电网的运行成本。此外，需求侧管理还可以促进DERs的消纳。由于DERs的出力具有波动性和不确定性，如果没有合理的需求侧管理策略，可能会导致能源的浪费。而通过引导用户合理使用DERs产生的电能，可以确保这些能源得到有效利用。需求侧管理是分布式能源管理中的重要策略之一。通过价格信号、激励机制等手段，可以引导用户合理使用DERs产生的电能，减少能源的浪费，提高能源利用效率，为构建可持续的能源系统做出贡献。

### 3.3 储能技术的应用

在分布式能源（DERs）领域，储能技术的应用正变得日益重要。储能技术，尤其是电池储能系统，为平衡DERs的间歇性和不确定性提供了有效手段，进而提高了整个能源系统的稳定性和经济性。DERs，如太阳能和风能发电，虽然清洁环保，但其输出受到天气、时间等多种因素的影响，呈现出明显的间歇性和不确定性。这种特性给电力系统的稳定供电带来了挑战。而储能技术的出现，为解决这一问题提供了可能。电池储能系统能够在DERs输出过剩时吸收电能，将其转化为化学能储存起来；在DERs输出不足时，则释放储存的电能，补充系统的电力缺口。这样，储能系统就像是一个“缓冲器”，有效地平衡了DERs的波动，保证了电力系统的稳定供

电。此外，储能技术的应用还能提高系统的经济性。一方面，通过削峰填谷，储能系统能够减少或延缓电网的扩容投资，降低电力基础设施的成本。另一方面，储能系统还能参与电力市场的交易，如在低电价时充电、在高电价时放电，从而实现电价的套利，为电力系统带来额外的经济收益。随着技术的进步和成本的降低，储能技术在DERs管理中的应用前景越来越广阔。未来，我们可以期待更多的储能系统与DERs相结合，共同构建一个更加智能、高效、环保的电力系统。在这个系统中，DERs的间歇性和不确定性将不再是问题，而是成为推动电力系统创新和发展的动力。储能技术将继续发挥着至关重要的作用，助力我们实现可持续能源的美好愿景。

### 结语

随着DERs在配电系统中的比重不断增加，其接入与管理问题将日益突出。本文提出了配电自动化中DERs的接入与管理策略，旨在提高系统的效率、可靠性和经济性。未来，随着技术的进步和政策的推动，DERs在配电系统中的应用将更加广泛和深入，相关的接入与管理策略也需要不断地完善和创新。

### 参考文献

- [1]张明.分布式能源接入对电力系统调度自动化的影响及对策研究[J].现代电力,2021,35(1):30-34.
- [2]王晓丽,杨志远,张斌.分布式能源接入对电力系统调度自动化的影响及对策[J].电力系统保护与控制,2019,47(7):11-17.
- [3]李文博,谢军.分布式能源接入对电网调度自动化的影响与适应策略[J].电网技术,2020,44(2):375-381.
- [4]张红,李静.分布式能源接入电网的智能计量技术研究[J].电力科学与技术学报,2019,33(6):102-108.