

智能电网中分布式电源的优化接入与控制策略

李全成

中交华中投资有限公司, 湖北 武汉 430056

摘 要： 智能电网中的分布式电源是指位于用户附近，其所发电能就地利用，以 10kV 及其以下电压等级接入电网的电源装置。一般这些电源装置多为小型模块式，其功率范围在数千瓦至 50MW 之间，并且由电力部门、电力用户或第三方所有，主要用以满足电力系统和用户特定的要求，如调峰、为边远用户或商业区和居民区供电等。随着能源需求的不断增长和环境问题的日益严峻，如今分布式电源在智能电网中的应用越来越受到关注。为此本文详细地探讨了智能电网中分布式电源的优化接入与控制策略。

关 键 词： 智能电网；分布式电源；优化接入；控制

Optimal access and control strategy of distributed power sources in smart grids

Li Quancheng

China Communication Investment Co., Ltd. Central China, Wuhan, Hubei 430056

Abstract： Distributed energy resources in smart grids refer to power generation facilities located near users, whose generated power is used locally and connected to the grid at voltages of 10 kV or lower. These facilities are typically small modular units with power ranges ranging from several kilowatts to 50 MW, owned by power authorities, power users, or third parties, and are mainly used to meet specific requirements of the power system and users, such as load leveling, power supply to remote users or commercial and residential areas, etc. With the growing energy demand and the increasingly serious environmental problems, the application of distributed energy resources in smart grids is becoming increasingly important. Therefore, this paper provides a detailed discussion on the optimal integration and control strategies for distributed energy resources in smart grids.

Keywords： smart grid; distributed power sources; optimal integration; control

引言

全球能源危机和环境问题的不断加剧，使得传统的集中式供电模式面临着越来越大的挑战。而分布式电源作为一种新型的能源供应方式，由于其具有清洁、高效、灵活等优点，所以在智能电网中的应用越来越广泛。实践中研究分布式电源的优化接入与控制策略，对于相关人员提高智能电网的可靠性、稳定性和经济性具有重要意义。本文首先介绍了分布式电源的概念、类型和特点，然后以此为基础分析了分布式电源接入智能电网对电网的影响。接着再从优化接入规划、功率控制、电压控制和频率控制等方面阐述了分布式电源的优化接入与控制策略。最后通过实际案例分析了这些策略的应用效果，并对未来的研究方向进行了展望。

一、分布式电源的概念、类型和特点

分布式电源的优化接入与控制策略是智能电网发展的重要研究方向之一。相关人员通过不断深入研究和实践，将能为实现智能电网的可持续发展提供有力的支持。

（一）概念

分布式电源是指直接布置在用户附近或配电网中的小型发电装置，其通常容量较小，一般在数千瓦至数十兆瓦之间。而分布式电源可以独立运行，同时也可以与电网并联运行，为用户提供

电力供应^[1]。

（二）类型

1. 可再生能源分布式电源

（1）太阳能光伏发电：该发电方法主要利用太阳能电池将太阳能转化为电能，其具有清洁、无污染、可再生等优点。

（2）风力发电：该发电方法利用风力带动风机旋转，以将风能转化为电能，其具有可再生、环保等优点。

（3）生物质能发电：该发电方法利用生物质能如农作物秸秆、木材废料等作为燃料，然后通过燃烧或气化等方式产生电

作者简介：李全成（1984.01—）男，汉族，江苏省新沂市人，大学本科，助理工程师，研究方向：新能源行业投资建设运营。

能，其具有可再生、资源丰富等优点。

（4）小水电：该发电方法利用河流、溪流等水资源的落差进行发电，去哦具有清洁、可再生等优点。

2. 非可再生能源分布式电源

（1）微型燃气轮机：该发电方法以天然气、液化气等为燃料，借助通过燃烧产生高温高压气体，以驱动涡轮机旋转发电，其具有效率高、启动快等优点。

（2）柴油发电机组：该发电方法以柴油为燃料，借助内燃机驱动发电机发电，其具有可靠性高、启动快等优点^[2]。

（三）特点

1. 靠近负荷中心：分布式电源通常布置在用户附近或配电网中，因此其减少了电能的传输损耗，且提高了能源利用效率。

2. 容量较小：分布式电源的容量一般较小，其通常在数千瓦至数十兆瓦之间，所以不会对电网造成过大的冲击。

3. 灵活多样：分布式电源的类型多样，相关人员可以根据不同的能源资源和用户需求进行选择和配置。

4. 环保节能：分布式电源中的可再生能源分布式电源具有清洁、无污染、可再生等优点，其符合可持续发展的要求。

二、分布式电源接入智能电网对电网的影响

（一）对电网潮流的影响

分布式电源接入智能电网后会改变电网的潮流分布。原因在于，分布式电源的输出功率具有随机性和波动性，因此会导致电网中的潮流方向和大小发生变化，进而增加了电网的复杂性和不确定性。

（二）对电网电压的影响

当分布式电源的输出功率较大时，其会导致电网中的电压升高；而当分布式电源的输出功率较小时，则会导致电网中的电压降低。此外分布式电源的接入位置和容量也会对电网的电压产生影响^[3]。总之，分布式电源的接入均会对电网的电压产生影响^[3]。

（三）对电网频率的影响

在分布式电源的输出功率与负荷需求不匹配时，即可导致电网中的频率发生变化。具体来说，如果分布式电源的输出功率大于负荷需求，就会导致电网中的频率升高。但如果分布式电源的输出功率小于负荷需求，则会导致电网中的频率降低。

（四）对电网可靠性的影响

当电网发生故障时，分布式电源依然可以继续为用户提供电力供应，因此其可减少停电时间和范围。另外分布式电源的接入还可以提高电网的抗干扰能力和自愈能力。

三、分布式电源的优化接入规划

（一）接入位置的选择

分布式电源的接入位置应根据电网的结构、负荷分布、能源资源等因素进行选择。一般来说，分布式电源应接入靠近负荷中心的位置，目的是减少电能的传输损耗。同时分布式电源的接入

位置还应考虑到电网的电压稳定性和可靠性等因素。

（二）接入容量的确定

分布式电源的接入容量应根据电网的负荷需求、能源资源、分布式电源的类型和性能等因素进行确定。通常分布式电源的接入容量应在电网的承受范围内，如此才可避免对电网造成过大的冲击。另外分布式电源的接入容量还应考虑电网的电压稳定性和可靠性等因素^[4]。

（三）接入方式的选择

分布式电源的接入方式有多种，如直接接入、通过变压器接入、通过逆变器接入等。由于不同的接入方式对电网的影响不同，所以相关人员应根据分布式电源的类型和性能、电网的结构和要求等因素进行选择。

四、分布式电源的功率控制策略

（一）恒功率控制

恒功率控制是指分布式电源输出的功率保持恒定。该控制策略适用于分布式电源的输出功率比较稳定的情况，如太阳能光伏发电和风力发电等。而对于恒功率控制，则可以通过调节分布式电源的输出电压和电流来实现^[5]。

（二）最大功率跟踪控制

最大功率跟踪控制是指分布式电源输出的功率始终保持在最大功率点，其适用于分布式电源的输出功率具有随机性和波动性的情况，如太阳能光伏发电和风力发电等。而最大功率跟踪控制可以借助调节分布式电源的输出电压和电流来实现，从而使分布式电源始终工作在最大功率点附近。

（三）有功功率和无功功率协调控制

有功功率和无功功率协调控制是指分布式电源同时控制输出的有功功率和无功功率，其能提高电网的电压稳定性和功率因数，与减少电网的损耗^[6]。而有功功率和无功功率协调控制可通过调节分布式电源的输出电压和电流的相位和幅值来实现。

五、分布式电源的电压控制策略

（一）分布式电源自身的电压控制

分布式电源可以通过调节自身的输出电压来控制电网的电压。例如太阳能光伏发电和风力发电等分布式电源，可经过调节逆变器的输出电压以控制电网的电压。

（二）分布式电源与电网之间的无功补偿

分布式电源能通过与电网之间的无功补偿来控制电网的电压。比如分布式电源可以通过安装无功补偿装置，如电容器、电抗器等，来调节电网的无功功率，从而控制电网的电压^[7]。

（三）分布式电源与电网之间的协调控制

分布式电源可以与电网之间进行协调控制，从而共同控制电网的电压。如分布式电源可与电网中的调压设备，如变压器、调压器等，进行协调控制，进而共同调节电网的电压。即分布式电源与电网之间的协调控制可以提高电网的电压稳定性和可靠性。

六、分布式电源的频率控制策略

（一）分布式电源自身的频率控制

分布式电源可调节自身的输出功率，以此控制电网的频率。具体来说，当电网的频率下降时，分布式电源则可以增加输出功率，以提高电网的频率。而当电网的频率上升时，分布式电源可以减少输出功率，进而降低电网的频率。

（二）分布式电源与电网之间的协调控制

分布式电源与电网之间的协调控制，可达到共同控制电网频率的目的，进而提高电网的频率稳定性和可靠性。例如分布式电源可以与电网中的调频设备，如发电机组、储能装置等，进行协调控制，进而共同调节电网的频率^[9]。

七、实际案例分析

（一）案例背景

某地区智能电网中接入了大量的分布式电源，其中包括太阳能光伏发电、风力发电和微型燃气轮机等。而这些分布式电源的接入对电网的潮流、电压、频率等产生了一定的影响，因此需要采取有效的优化接入与控制策略来提高电网的可靠性、稳定性和经济性^[9]。

（二）优化接入与控制策略的应用

1. 优化接入规划

项目人员根据电网的结构、负荷分布和能源资源等因素，选择了合适的分布式电源接入位置和接入容量。并且还选择了合适的接入方式，如通过逆变器接入和通过变压器接入等。

2. 功率控制策略

（1）对于太阳能光伏发电和风力发电等分布式电源，项目人员采用了最大功率跟踪控制策略，从而使分布式电源始终工作在最大功率点附近，以此提高了能源利用效率。

（2）微型燃气轮机等分布式电源采用了恒功率控制策略，因而能使分布式电源输出的功率保持恒定，进而提高了电网的稳定性。

（3）对于有功功率和无功功率的协调控制，项目人员采用了

调节分布式电源的输出电压和电流的相位和幅值的方法，有效地提高了电网的电压稳定性和功率因数，并减少了电网的损耗。

3. 电压控制策略

（1）对于分布式电源自身的电压控制，项目人员采用了调节逆变器的输出电压的方法，以确保能快速地响应电网的电压变化，以及提高电网的电压稳定性^[10]。

（2）分布式电源与电网之间的无功补偿当中，项目人员安装了无功补偿装置，如电容器、电抗器等，以调节电网的无功功率，与控制电网的电压。

（3）对于分布式电源与电网之间的协调控制而言，项目人员与电网中的调压设备进行了协调控制，以共同调节电网的电压，因此提高了电网的电压稳定性和可靠性。

4. 频率控制策略

（1）分布式电源自身的频率控制主要采用了调节分布式电源的输出功率的方法，因此其可快速地响应电网的频率变化，有效地提高了电网的频率稳定性。

（2）对于分布式电源与电网之间的协调控制，将其与电网中的调频设备进行协调控制，所以能够共同调节电网的频率，进而提高了电网的频率稳定性和可靠性。

（三）应用效果分析

通过采取上述优化接入与控制策略，该地区智能电网的可靠性、稳定性和经济性得到了显著提高。

八、结语

分布式电源的优化接入与控制策略可以提高智能电网的可靠性、稳定性和经济性，其具有重要的理论和实际应用价值。本文详细探讨了智能电网中分布式电源的优化接入与控制策略。在分析分布式电源的概念、类型和特点，以及分布式电源接入智能电网对电网影响的基础上，提出了分布式电源的优化接入规划、功率控制、电压控制和频率控制等策略。同时通过实际案例分析，验证了这些策略的有效性和可行性。未来随着分布式电源技术的不断发展和智能电网的不断完善，相信分布式电源在智能电网中的应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1]王云会, 郑强仁, 郭森, 等. 分布式电源接入配电网的控制策略及消纳能力评估研究[J]. 电器与能效管理技术, 2022,(04):83-87.DOI:10.16628/j.cnki.2095-8188.2022.04.014.
- [2]路峰, 熊涛, 李锦锦. 基于多智能体系统的分布式电源配电网保护方案优化策略[J]. 自动化与仪器仪表, 2023,(08):174-177.DOI:10.14016/j.cnki.1001-9227.2023.08.174.
- [3]黄国明, 杨兴波, 林贺祺. 含分布式电源的直流微电网中的电力质量优化与协同控制算法研究[J]. 通信电源技术, 2024,41(04):116-118.DOI:10.19399/j.cnki.tpt.2024.04.037.
- [4]张文龙, 王超, 刘琦, 等. 分布式能源接入智慧配电网的功率控制与优化策略[J]. 模具制造, 2024,24(05):219-221.DOI:10.13596/j.cnki.44-1542/th.2024.05.070.
- [5]高聪哲, 黄文焘, 余墨多, 等. 基于智能软开关的主动配电网电压模型预测控制优化方法[J]. 电工技术学报, 2022,37(13):3263-3274.DOI:10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.210858.
- [6]袁增. 基于智能算法的分布式电源接入配电网优化配置研究[D]. 上海市: 上海电机学院, 2022.DOI:10.27818/d.cnki.gshdj.2022.000024.
- [7]王镇烁. 分布式光伏电源接入配电网的设计方案与优化[J]. 中国高科技, 2022,(18):65-67.DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2022.18.21.
- [8]董新伟, 裴晨晨, 邓薇, 等. 含新能源接入的配电网中分布式储能系统控制策略[J]. 电力建设, 2021,42(05):81-89.DOI:10.12204/j.issn.1000-7229.2021.05.009.
- [9]史可鉴, 代子阔, 王刚, 等. 考虑分布式电源接入与综合运行成本的配电网无功优化[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2023,(03):339-344.DOI:10.11956/j.issn.1008-0562.2023.03.011.
- [10]邓昱, 赵剑. 智能配网中分布式电源的控制与保护技术研究[J]. 通信电源技术, 2022,39(24):31-33.DOI:10.19399/j.cnki.tpt.2022.24.011.