

# Analysis of influence of renewable energy access on transmission and distribution project planning and operation strategy

Peng Zhao Zhenwei Fang

Yantai Dongyuan Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd. Penglai Branch, Yantai, Shandong, 264000, China

## Abstract

With the acceleration of the global energy transition, especially driven by the goal of carbon neutrality, the proportion of renewable energy is gradually increasing. This puts forward new challenges and requirements to the traditional transmission and distribution system. This paper aims to analyze the impact of renewable energy access on the planning and operation strategy of transmission and distribution projects. By studying the characteristics of renewable energy such as wind and solar energy, With the acceleration of the global energy transition, especially driven by the goal of carbon neutrality, the proportion of renewable energy is gradually increasing. This puts forward new challenges and requirements to the traditional transmission and distribution system. This paper aims to analyze the impact of renewable energy access on the planning and operation strategy of transmission and distribution projects. By studying the characteristics of renewable energy such as wind and solar energy, This paper discusses its access mode in the power grid, its influence on the stability of the power grid, and how to optimize the planning and operation strategy of transmission and distribution engineering to adapt to this change. Finally, combined with the research results at home and abroad, some improvement measures for renewable energy access are put forward, and the future development trend of power system is predicted.

## Keywords

renewable energy, transmission and distribution engineering, operation strategy, grid stability, energy transformation

# 可再生能源接入对输配电网工程规划与运行策略的影响分析

赵鹏 方振伟

烟台市东源送变电工程有限责任公司蓬莱分公司, 中国 · 山东 烟台 264000

## 摘要

随着全球能源转型的加速, 尤其是在碳中和目标的推动下, 可再生能源的比例逐渐提高。这对传统的输配电网系统提出了新的挑战和要求。本文旨在分析可再生能源接入对输配电网工程规划与运行策略的影响。通过对风能、太阳能等可再生能源特点的研究, 探讨其在电网中的接入方式、对电网稳定性的影响, 以及如何优化输配电网工程规划和运行策略以适应这一变化。最后, 结合国内外的研究成果, 提出了一些针对可再生能源接入的改进措施, 并对未来的电力系统发展趋势进行了预测。

## 关键词

可再生能源、输配电网工程、运行策略、电网稳定性、能源转型

## 1 引言

### 1.1 背景与问题现状

全球气候变化问题的日益严重, 促使各国政府不断加大对可再生能源的支持力度。尤其是在中国, 随着《巴黎协定》的签署和碳中和目标的提出, 可再生能源的比重在逐年上升。风能、太阳能等可再生能源的快速发展, 极大地推动了电力行业的变革。然而, 这一变革也对现有的输配电网系统带来了诸多挑战。传统的电力系统依赖于集中式的发电方

式, 且电力的供需关系较为稳定。然而, 可再生能源的间歇性和波动性特点, 使得电力系统面临着更高的运行复杂度。

可再生能源的大规模接入对输配电网提出了更高的要求, 不仅需要提高电网的灵活性, 还要求在电力调度中融入更多的智能化和高效化手段。因此, 如何在确保电网稳定运行的前提下, 合理规划和运行输配电网, 成为当前电力系统面临的紧迫问题。

### 1.2 研究目标与意义

本文旨在分析可再生能源接入对输配电网工程规划与运行策略的影响, 探讨在能源转型背景下, 如何通过技术创新与系统优化, 提升输配电网工程的运行效率和稳定性。研究的核心目标在于提出切实可行的策略, 以帮助电力系统在面对

【作者简介】赵鹏 (1978-), 男, 中国山东烟台人, 硕士, 工程师, 从事输配电网研究。

可再生能源接入时，能够高效、稳定地运行，确保电力供应的安全性和可靠性。

### 1.3 文章结构

本文首先介绍可再生能源接入对电力系统带来的挑战，分析其对输配电网工程规划的影响。接着，讨论可再生能源接入对电网运行策略的影响，并提出优化电网运行的策略与方法。最后，结合具体案例分析，探讨如何在实际工程中应用这些理论成果。

## 2 可再生能源接入对输配电网工程规划的影响

### 2.1 可再生能源的特点与挑战

可再生能源，尤其是风能和太阳能，由于其间歇性和波动性等特点，给电力系统的稳定运行带来了许多新的挑战。传统的电力系统依赖于稳定的发电方式，如火力发电、核电等，这些发电方式能够提供较为平稳的电力供应，电力的生成、传输和消费通常呈现出较为平衡的关系。然而，风能和太阳能的发电量受天气、时间、季节等多重因素的影响，导致其电力输出波动较大。这使得电力系统的负荷预测和调度变得复杂。风能的发电量与风速密切相关，而风速的不确定性导致风能发电的波动；太阳能发电量则受日照强度、天气状况以及季节性变化的影响，日间和夜间、晴天和阴天的发电量存在显著差异。

此外，可再生能源的分布具有明显的地域性，风能和太阳能资源丰富的地区通常远离电力消费的负荷中心。例如，许多风力和太阳能资源丰富的区域位于偏远的乡村或海洋地区，而主要的电力需求集中在城市和工业区。这种地理分布的差异使得输配电网工程在规划时，必须考虑如何高效地将远距离产生的电力输送到需求高峰区域，从而确保电力供应的稳定性。在这一过程中，电网的长距离输送能力、智能化调度以及储能技术的配套应用，显得尤为重要。

### 2.2 输配电网工程规划的调整

随着可再生能源的大规模接入，传统的输配电网系统需要进行一系列的调整，以适应新的电力生产和消费模式。首先，电网的结构需要更加灵活和多样化。传统电网往往以集中式发电厂为中心，通过高压输电线路将电力输送到各个消费者。但随着可再生能源的接入，电力的来源不再仅仅依赖于少数几个大规模的发电厂，而是分布式发电的比例不断增加。为此，电网的布局应更加注重分布式电源的接入，且需要确保在保持系统稳定性和可靠性的前提下，能够容纳更多分布式能源的接入点。

其次，电力传输的能力需要得到提升。随着风能和太阳能等可再生能源的接入，电力的生成往往发生在远离消费区域的地方，如何高效地将电力传输至负荷中心成为一个关键问题。为了实现这一目标，电网的输电容量需要进一步加强，尤其是在长距离输电的过程中，输电线路的建设和维护变得更加复杂。高压直流输电（HVDC）技术的应用，可以

有效提高电力的输送效率，减少电力在长距离传输过程中的损失。同时，HVDC技术在大规模可再生能源接入背景下具有独特的优势，因为它能够更好地实现跨区域电力调度，提高电网的灵活性和稳定性。

### 2.3 系统优化与智能化发展

随着可再生能源的大规模接入，电网的规划和运行方式正在向智能化和系统优化方向发展。智能电网技术的应用，可以实时监控电力的供需情况，并动态调整电网的运行状态，从而提高电力系统的灵活性和稳定性。智能电网能够对实时的电力需求进行精准分析，预测可再生能源发电的波动，并根据需求和供应状况做出快速反应。这样一来，电网能够在满足负荷需求的同时，减少可再生能源波动对电网稳定性的影响。

基于大数据和人工智能技术的电网调度系统，能够对可再生能源的发电波动进行更加精确的预测，提前进行负荷调度，确保电网的稳定运行。例如，利用机器学习算法对历史电力数据进行分析，可以提高对风能和太阳能发电量的预测精度，进而优化电网的调度决策。此外，电网调度系统还可以结合气象预报和实时数据，对未来几小时或几天的电力需求和发电量进行预测，做到提前布局，避免电网因突发事件而出现不稳定。

## 3 可再生能源接入对电网运行策略的影响

### 3.1 电网稳定性与安全性挑战

随着可再生能源接入比例的逐步提高，电网的稳定性和安全性面临着日益严峻的挑战。风能和太阳能发电具有波动性和间歇性的特点，这使得电网的运行变得更加复杂，尤其是在电力波动较大、供需失衡时，电网的稳定性可能受到较大影响。例如，风力发电在风速较高时会产生大量电力，而当风速下降时，发电量则大幅减少，给电网的调度带来了困难。同时，太阳能发电受到天气、季节和时间的影响，白天的发电量较高，而夜间和阴天则几乎没有电力输出。

为了应对这一挑战，电网的运行策略必须采取更为动态的调度手段和灵活的调节机制。例如，在风能或太阳能发电量过高时，可以通过调度其他电源或储能设备进行消纳，避免因发电量过大导致电网过载和电压波动，甚至引发系统崩溃。为了应对这种波动性，系统应能够在可再生能源发电不足时，迅速启用备用电源或调节负荷，确保电网的稳定运行。

此外，电网运行的安全性也受到越来越多关注。为了保障系统不发生大范围的停运，电网调度系统需要实时监测电力的生成、传输和消费情况，快速响应电网负荷的变化，并进行必要的调整。智能电网技术可以有效提高电网的应急响应能力，通过信息化手段进行高效的电力调度和控制。

### 3.2 电网调度优化

可再生能源的接入不仅增加了电网运行的复杂性，也

为电网调度带来了新的机遇。传统电网的调度模式依赖于静态的负荷预测和常规调度方式，而可再生能源的波动性要求调度系统能够更加灵活和实时地应对负荷的变化。通过引入先进的调度优化算法，电网能够更加精确地预测电力需求和发电量波动，从而在短时间内调整电网运行状态，确保电网的稳定性。

一种有效的调度优化方法是基于需求响应的调度机制。在电力需求高峰期，当电网负荷紧张时，可以通过调度储能设施进行放电，或通过调节电力用户的用电需求来降低负荷，避免电网过载。这种方法不仅优化了电力资源的分配，还提高了电网的稳定性和可靠性。在电力市场逐步开放的背景下，市场机制的引入使得电网的调度能够更加灵活，资源得到最优配置。例如，通过实时电力市场和辅助服务市场的结合，电网可以依据市场价格波动来优化电源调度，合理调配供电能力，从而提高电网整体的运行效率。

电网调度优化的关键在于对可再生能源的预测和预调度。通过采集大量的气象数据、历史发电数据和负荷数据，调度中心可以提前预测风能、太阳能的发电量波动，并根据预测结果提前进行调度安排。这样，电网能够提前采取措施，减少因发电量波动造成的系统不稳定。利用大数据分析和人工智能技术，调度系统可以不断优化预测精度，并且根据实时数据调整调度策略，从而大大降低了电网的不稳定性风险。

### 3.3 分布式发电与储能系统的协同

随着可再生能源的大规模接入，尤其是分布式能源的迅速发展，电网的运行策略必须更加关注分布式发电单元和储能系统的协同作用。分布式发电在电网中的接入方式多种多样，例如家庭和企业屋顶光伏系统、社区风力发电设备等。这些分布式发电系统虽然发电量不大，但其对电网运行的影响不可忽视。在这种背景下，电网需要通过协调不同类型的分布式发电系统与储能设备，确保各类可再生能源在电网中的平衡，减少某一单一能源的波动性对电网稳定性的影响。

分布式储能系统的引入，为电网提供了一种灵活的解决方案。在光伏发电高峰期，电网可以将过剩的电力存储在储能系统中，在用电高峰时再释放，弥补电网负荷波动。在风能发电不足时，储能设备可以调动储存的电能，帮助满足系统负荷需求，避免电力短缺或供电不稳定。这种协同工作

提高了电网的灵活性和自适应能力，使得电网能够在可再生能源波动性较大的情况下，稳定运行。

此外，分布式发电与储能系统的协同还能够减少对传统集中式发电的依赖，提升电网的整体运行效率。通过区域性微电网和智能电网的构建，分布式发电与储能系统的协同作用可以实现多种能源形式的高效整合。智能电网技术能够实时监控电力流动、优化电能分配，并通过信息化手段协调分布式发电与储能设备之间的运行关系。随着技术的进一步发展，分布式发电与储能系统的协同将为电网提供更加高效、稳定的支撑。

## 4 结语

随着全球能源结构的转型，尤其是可再生能源的快速发展，传统的输配电系统面临着前所未有的挑战。可再生能源的接入不仅改变了电力生产和消费的方式，还对电网的规划与运行提出了更高的要求。为了确保电网在面对这些挑战时能够安全、稳定和高效地运行，必须采取一系列技术创新和策略优化。

从电网的稳定性和安全性挑战，到调度优化和分布式发电与储能系统的协同，电网必须在灵活性、可靠性和智能化方面进行全面提升。这些优化措施不仅能够提高电网在可再生能源接入时的适应能力，还能够推动电网向更加智能化、绿色化的方向发展。未来，随着技术的不断进步，电网将更加智能化和灵活，能够在大规模可再生能源接入的背景下保持稳定性和可靠性。

综上所述，电网的规划和运行策略在可再生能源接入的过程中将不断优化和调整。通过不断提升电网技术水平和运行效率，电力系统将能够更好地适应能源转型的需求，为实现全球可持续发展的能源目标奠定坚实基础。

## 参考文献

- [1] 张垚.共生视角下分布式可再生能源开发规模及配置优化模型 [D].华北电力大学(北京),2023.
- [2] 邓开,康操.分布式光伏接入对农村配电网的影响及应对[J].农村电工,2024,32(11):33-34.
- [3] 蔡黎,杨晨曦,李俊霆,等.电动汽车接入主动配电网协同储能研究应用综述[J].重庆理工大学学报(自然科学),2024,38(10):212-220.
- [4] 韩连斌,许鹏程,司家财.住宅建筑输配电网工程可再生材料集成策略研究[J].居舍,2024,(26):174-176.