

# 分布式控制在光伏发电技术中的应用分析

郭丽俊<sup>1</sup> 梁志鹏<sup>2</sup> 邓雪飞<sup>1</sup>

1. 乌海宁升电力开发有限公司 内蒙古 乌海 016000

2. 内蒙古三峡蒙能能源有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要:** 本文详细探讨了分布式控制在光伏发电技术中的重要性和应用。首先介绍了分布式控制的基本概念和光伏发电技术的背景,然后分析了分布式控制在光伏发电系统中的关键技术,包括传感器与执行器技术、通信网络技术以及智能控制与优化算法。接着通过具体应用案例,如最大功率点跟踪、故障检测与隔离以及微电网集成与管理,阐述了分布式控制在光伏发电技术中的实际应用效果。最后对分布式控制在光伏发电技术的未来发展进行了展望。

**关键词:** 分布式控制; 光伏发电技术; 应用

## 引言

在全球能源结构持续转型与可再生能源迅猛发展的今天,光伏发电技术凭借其独特的优势,日益受到人们的重视。为了提高光伏发电系统的运行效率和稳定性,分布式控制技术应运而生,并在系统中发挥着举足轻重的作用。本文深入剖析分布式控制在光伏发电技术中的应用情况,探讨其关键技术和具体应用场景,旨在为相关领域的研究与实践提供有价值的参考与指导。

### 1 分布式控制在光伏发电技术中的重要性

分布式控制在光伏发电技术中的重要性不容忽视。作为一种先进的控制策略,分布式控制能够实现对光伏发电系统中各个组件的精确控制,从而显著提高系统的整体性能。在光伏发电系统中,光伏组件的工作状态受到多种因素的影响,如光照强度、温度等。分布式控制通过实时监测这些因素,对光伏组件进行精确调整,使其始终保持在最佳工作状态。例如,通过最大功率点跟踪技术,分布式控制可以确保光伏组件在不同环境条件下都能输出最大功率,从而提高光伏发电系统的发电效率<sup>[1]</sup>。此外,分布式控制还能有效管理光伏发电系统的能源。通过对系统中各个组件的发电量进行实时监测和调度,分布式控制可以实现能源的均衡分配和有效利用,避免能源的浪费和损失。同时,分布式控制在故障诊断与隔离方面也发挥着重要作用。光伏发电系统中的组件众多,一旦出现故障,及时准确地诊断和隔离故障对于保障系统的稳定运行至关重要。分布式控制通过实时监测系统的运行状态和参数,能够及时发现并隔离故障组件,防止故障扩散影响整个系统的运行。因此,分布式控制对于提高光伏发电系统的发电效率、稳定性和可靠性具有重要意义,是推动光伏发电技术持续发展的重要手段之一。

## 2 分布式控制在光伏发电系统中的关键技术

### 2.1 传感器与执行器技术

分布式控制在光伏发电系统中的关键技术之一是传感器与执行器技术,它们在实现系统高效、稳定运行方面起着至关重要的作用。传感器技术是分布式控制的眼睛和耳朵,负责实时监测光伏组件的性能和环境条件。这些传感器能够精确测量光照强度、温度、电压等关键参数,并将这些数据实时传输给控制系统。通过对这些数据的分析,控制系统能够了解光伏组件的工作状态和发电效率,从而为后续的控制操作提供准确的数据基础。与传感器技术紧密配合的是执行器技术。执行器根据传感器的反馈信号,对光伏发电系统进行相应的控制操作。例如,在光照强度不足的情况下,执行器可以调整光伏组件的角度,使其更好地对准阳光,从而提高发电效率。此外,执行器还能控制开关设备,确保光伏发电系统在安全、稳定的条件下运行<sup>[2]</sup>。传感器与执行器技术的结合,为分布式控制提供了准确的数据基础和有效的执行手段。这使得分布式控制能够实现对光伏发电系统的精确控制,提高系统的发电效率、稳定性和可靠性。同时,这些技术也为光伏发电系统的智能化和自动化发展提供了有力支持。

### 2.2 通信网络技术

通信网络技术是分布式控制在光伏发电系统中的又一关键技术,它是实现系统各组件之间高效、可靠信息交互的基石。在光伏发电系统中,各个组件如光伏板、逆变器、储能设备等都需要实时地交换数据和控制指令,以确保整个系统能够协同工作并达到最优的运行状态。通信网络技术通过采用适当的通信协议,如Modbus、CAN总线等,确保了数据在传输过程中的准确性、完整性和实时性。这些协议不仅定义了数据传输的

格式和规则，还提供了错误检测和纠正机制，从而有效避免了数据传输中的错误和干扰。此外，网络架构的设计也是通信网络技术中的关键环节。在分布式控制的光伏发电系统中，通常采用分层或分布式的网络架构。这种架构不仅提高了系统的可扩展性和灵活性，还有助于降低通信网络的复杂性和维护成本。通过合理划分网络层次和节点，可以实现数据的快速处理和转发，提高系统的响应速度和控制精度。数据传输技术也是通信网络技术的重要组成部分。在光伏发电系统中，数据传输的效率和稳定性对于系统的性能至关重要。通过采用高效的数据压缩和加密技术，可以降低数据传输的带宽需求并提高数据的安全性。同时，采用可靠的通信介质和通信方式，如光纤、无线通信等，可以确保数据在传输过程中的稳定性和可靠性。

### 2.3 智能控制与优化算法

智能控制与优化算法在分布式控制的光伏发电系统中占据核心地位，是实现系统高效、稳定、可靠运行的关键。智能控制算法能够处理光伏发电系统中的复杂性和不确定性问题。光伏发电系统受到多种因素的影响，如光照强度、温度、阴影效应等，这些因素都是动态变化的。智能控制算法能够实时监测这些因素，并根据系统的运行状态和目标要求，自动调整控制策略，使系统始终保持在最优工作状态。优化算法则致力于最大化光伏发电系统的发电量。通过对光伏组件的工作点进行精确调整，优化算法可以实现最大功率点跟踪（MPPT），确保光伏组件在不同环境条件下都能输出最大功率。此外，优化算法还可以对系统的能源管理策略进行优化，实现能源的均衡分配和有效利用，进一步提高系统的发电效率。智能控制与优化算法还具备自适应调整和强鲁棒性的特点。光伏发电系统的运行状态是不断变化的，智能控制与优化算法能够根据系统的实时运行状态进行自适应调整，确保控制策略的有效性。同时，这些算法还具备强大的抗干扰能力和容错能力，能够在系统受到外部干扰或发生故障时，迅速做出响应并进行相应的调整，保障系统的稳定运行<sup>[3]</sup>。

## 3 分布式控制在光伏发电技术中的具体应用案例

### 3.1 最大功率点跟踪（MPPT）

最大功率点跟踪（MPPT）是分布式控制在光伏发电技术中的一个具体而关键的应用案例。在光伏发电系统中，光伏组件的发电效率受到多种因素的影响，其中最主要的因素是光照强度和温度。为了最大化光伏组件的发电量，需要实时调整其工作状态，使其始终保持在最大功率点上。分布式控制通过智能算法对光伏组件的工

作状态进行精确调整，实现最大功率点跟踪。这些智能算法可以根据光伏组件的实时输出电压和电流，计算出当前的最大功率点，并通过调整光伏组件的工作电压和电流，使其输出功率达到最大。这种调整是动态的，随着光照强度和温度的变化而实时进行，确保光伏组件始终保持在最佳工作状态。在分布式控制的光伏发电系统中，每个光伏组件都配备有独立的MPPT控制器。这些控制器可以实时监测光伏组件的工作状态和环境条件，并根据智能算法的计算结果进行相应的调整。由于每个光伏组件都独立控制，因此可以避免由于局部阴影或组件性能差异而导致的功率损失，进一步提高光伏系统的发电效率。此外，分布式控制的MPPT技术还具备自适应调整的能力。由于光照强度和温度等环境条件是不断变化的，光伏组件的最大功率点也会随之变化。分布式控制的MPPT技术可以根据这些变化自适应地调整光伏组件的工作状态，确保系统始终保持在最佳工作状态。这种自适应调整的能力不仅可以提高光伏系统的发电效率，还可以延长光伏组件的使用寿命，降低系统的维护成本。总之，通过智能算法和独立控制器的配合，可以实现对光伏组件工作状态的精确调整，最大化光伏系统的发电量。这种技术的应用不仅可以提高光伏系统的发电效率，还可以降低能量损耗，推动光伏发电技术的可持续发展<sup>[4]</sup>。

### 3.2 故障检测与隔离

故障检测与隔离是分布式控制在光伏发电技术中的又一关键应用案例。在光伏发电系统中，由于组件众多、环境复杂，故障的发生难以避免。一旦出现故障，及时准确地检测和隔离故障组件对于保障系统的稳定运行至关重要。分布式控制通过实时监测光伏组件的电压、电流等关键参数，能够及时发现异常情况。当某个光伏组件出现故障时，其电压或电流会出现异常波动，这些波动会被分布式控制系统实时监测到。系统会对这些异常数据进行分析和处理，确定故障的类型和位置。一旦确定故障组件，分布式控制系统会立即采取相应的控制措施，将故障组件从系统中隔离出去。这样可以防止故障扩散影响整个系统的运行。同时，系统还会将故障信息及时反馈给运维人员，以便他们进行进一步的检查和处理。分布式控制在故障检测与隔离方面的优势在于其快速性和准确性。由于分布式控制系统对光伏组件的实时监测和分析，故障的发现和可以在极短的时间内完成。这有助于避免故障的扩大和系统的停机时间，最大限度地保障光伏系统的稳定性和可靠性。此外，分布式控制的故障检测与隔离技术还具有自适应和

智能化的特点。系统可以根据历史数据和实时数据对光伏组件的工作状态进行预测和评估,提前发现潜在的故障隐患。同时,系统还可以根据故障的类型和严重程度自动调整控制策略,实现故障的自适应处理和恢复。总之,通过实时监测和分析光伏组件的工作状态,分布式控制系统可以及时发现并隔离故障组件,保障光伏系统的稳定运行。这种技术的应用不仅可以提高光伏系统的可靠性和稳定性,还可以降低运维成本和停机时间,为光伏发电技术的广泛应用和发展提供有力支持。

### 3.3 微电网集成与管理

微电网集成与管理是分布式控制在光伏发电技术中的又一重要应用案例。随着可再生能源的快速发展和电力需求的日益增长,微电网作为一种新型的能源供应模式,正逐渐受到广泛关注。在光伏微电网中,分布式控制发挥着至关重要的作用,通过实现各个光伏系统的协同工作和优化调度,可以显著提高能源利用效率和管理水平。分布式控制系统在光伏微电网中的主要任务是监测、调度和控制各个光伏系统的运行状态和发电能力。通过对实时数据的采集和分析,系统能够准确掌握每个光伏组件的工作情况,包括发电量、电压、电流等关键参数。基于这些数据,分布式控制系统可以制定出最优的调度策略,确保微电网内的能源供应稳定可靠。在光伏微电网中,分布式控制还需要实现各个光伏系统之间的协同工作。由于光照强度、温度等环境因素的影响,不同光伏系统的发电能力会有所差异。分布式控制系统可以根据这些差异进行智能调度,将发电能力强的光伏系统优先投入运行,同时合理调配其他系统的出力,以保持微电网内的功率平衡。此外,分布式控制还可以通过优化算法对光伏微电网的能源管理策略进行改进。例如,系统可以根据历史数据和实时预测结果,对光伏组

件的工作点进行调整,以实现最大功率点跟踪<sup>[5]</sup>。同时,还可以考虑储能设备的充放电策略,利用峰谷价差降低运行成本。通过分布式控制在光伏微电网中的应用,不仅可以提高能源利用效率和管理水平,还可以增强微电网的自适应能力和鲁棒性。在面对突发情况或故障时,分布式控制系统可以迅速做出响应并进行调整,确保微电网的稳定运行和持续供电。总之,通过实现各个光伏系统的协同工作和优化调度,分布式控制可以显著提高光伏微电网的运行效率和管理水平,为推动可再生能源的广泛应用和发展提供有力支持。

### 结语

回顾前述内容,分布式控制在光伏发电技术中所展现出的巨大潜力和实用价值不容忽视。通过深入探究其关键技术及实际案例,我们已充分领略到它在提升系统效率、增强稳定性与可靠性方面的卓越能力。展望未来,我们有理由相信,在技术革新的驱动下,分布式控制将进一步蜕变,为光伏发电乃至整个可再生能源领域注入更为强大的动力,引领我们迈向一个更加绿色、高效的能源未来。

### 参考文献

- [1]张仲文.分布式光伏监控系统关键技术研究及标准应用[J].自动化应用,2020(04):106-107.
- [2]林期远,杨启岳,徐瑾.分布式光伏发电系统最大功率点跟踪技术比较研究[J].能源工程,2021(2):1-10.
- [3]梁茂青.分布式控制在光伏发电技术中的应用分析[J].科技风,2021(14):197.
- [4]赵克斌.分布式控制在光伏发电技术中的应用分析[J].电子乐园,2020(12):1.
- [5]杨斌.基于PLC分布式光伏发电控制系统的设计[J].通信电源技术,2020,37(2):2.