

# 分布式控制在光伏发电技术中的应用

陈月玲

广东南方职业学院 广东 江门 529000

**摘要:** 分布式控制技术通过分散控制任务到多个控制器,实现光伏发电系统的全局目标。该技术具备灵活性、可靠性和高效性等特点,能精确控制光伏组件、逆变器等关键环节,提高系统运行效率和稳定性。在光伏发电中,分布式控制应用于最大功率点跟踪、并网与孤岛检测、电压与频率控制及故障诊断与保护等方面,有效提升了电能转换效率和系统安全性,降低了维护成本,为光伏发电技术的可持续发展提供了有力支持。

**关键词:** 分布式控制;光伏发电;技术应用

## 引言

随着可再生能源的快速发展,光伏发电系统作为其中的重要组成部分,其控制技术的研究与应用日益受到关注。分布式控制技术以其独特的优势,在光伏发电领域展现出广阔的应用前景。该技术通过将控制任务分散到多个控制器上,实现了对光伏组件、逆变器等关键环节的精确控制,有效提高了系统的运行效率和稳定性。本文将对分布式控制技术的原理、特点及其在光伏发电技术中的应用进行详细探讨。

## 1 分布式控制技术的原理与特点

分布式控制技术的原理在于将整个控制任务划分为多个子任务,并将这些子任务分配给不同的控制器进行处理。每个控制器都负责其所在局部区域的设备或子系统的控制,并根据全局目标和局部状态信息做出决策。这种控制方式通过减少单个控制器的负担,提高了系统的响应速度和处理能力。

在光伏发电系统中,分布式控制技术发挥着重要作用。光伏组件、逆变器和储能设备等关键环节都需要精确的控制以保证系统的稳定运行和高效能量转换。通过分布式控制,可以实现对每个光伏组件的最大功率点跟踪,优化逆变器的输出,以及智能地管理储能设备的充放电过程。这些控制措施共同作用,使得光伏发电系统能够在各种天气条件和负载需求下保持最佳的运行状态。

分布式控制技术的特点主要体现在以下几个方面:

首先是灵活性。由于分布式控制允许根据系统的实际情况进行灵活配置,因此它可以适应不同规模和复杂度的光伏发电系统。无论是小型的家庭光伏系统还是大型的光伏电站,分布式控制技术都能提供有效的解决方案。其次是可靠性。通过将控制任务分散到多个控制器上,分布式控制技术降低了单一控制器失效对整个系统的影响。即使某个控制器出现故障,其他控制器仍然可

以继续工作,保持系统的稳定运行。这种分散式的结构使得光伏发电系统具有更高的容错能力和鲁棒性。最后是高效性<sup>[1]</sup>。分布式控制可以实现对光伏组件等设备的精确调节,根据实时数据调整运行参数,从而提高能量转换效率。此外,通过协调不同控制器之间的操作,还可以优化整个系统的能量流动和分配,进一步提高系统的整体效率。

## 2 分布式控制技术的优势

### 2.1 提高系统运行效率

在复杂的多环节系统中,传统的集中式控制往往难以做到对每个环节的精确控制。而分布式控制技术则能够针对系统中的每个独立单元进行精确控制,确保每个单元都在最佳状态下运行。这种精确控制不仅有助于减少能量的损失,还能提高能量的转换效率,使系统能够更有效地利用能源。此外,分布式控制技术还能根据实时数据对系统状态进行动态调整。当系统某一部分出现故障或异常时,分布式控制系统能够迅速作出反应,通过调整其他部分的运行状态来弥补损失,确保整个系统的稳定运行。这种自适应能力使得分布式控制系统在面对复杂多变的运行环境时具有更高的鲁棒性和可靠性。因此,通过采用分布式控制技术,可以显著提高系统的运行效率,降低能源消耗,提高整体性能。这对于那些需要高效、稳定运行的复杂系统来说,无疑是一个巨大的优势。

### 2.2 增强系统稳定性

在分布式控制系统中,控制任务被有效地分散到多个控制器上,而非依赖于单一的中央控制器。这种分散式的控制结构显著降低了系统对单一控制器的依赖,从而大大减少了单点故障的风险。当系统中的某个控制器发生故障时,其他控制器仍能继续运行,保持整个系统的正常功能。此外,分布式控制技术的使用也使得系

统更加灵活和可扩展。由于控制任务被分散到多个节点上,系统可以更容易地适应不同的环境和需求变化。当需要增加新的控制功能或扩展系统规模时,只需增加新的控制器节点即可,而无需对整个系统进行大规模的改造<sup>[2]</sup>。这种分散式的控制策略还使得系统能够更好地应对各种不确定性和干扰。由于多个控制器共同协作,它们可以相互补充、协同工作,从而更加有效地处理各种复杂情况。即使某些控制器受到干扰或出现故障,其他控制器也能及时作出调整,确保系统的稳定性和连续性。因此,分布式控制技术的使用不仅提高了系统的稳定性,还增强了系统的可靠性和灵活性。这使得分布式控制技术在许多领域得到了广泛的应用,如工业自动化、智能交通、智能电网等。随着技术的不断进步和应用的不断深化,分布式控制技术将为我们带来更多的便利和可能性。

### 2.3 降低维护成本

分布式控制技术的优势多种多样,其中降低维护成本是这一技术体系中的一个重要亮点。在传统集中控制模式下,一旦系统出现故障或问题,通常需要专业的维护团队进行现场排查和修复。这不仅涉及到大量的人力投入,还可能导致生产线的停滞,带来不可忽视的经济损失。然而,分布式控制技术以其独特的优势,为降低维护成本提供了有效的解决方案。首先,分布式控制技术具备实时监测的功能。通过安装在各个节点的传感器和监控设备,系统能够实时收集并处理数据,对系统的运行状态进行全面把控。这使得任何潜在的问题或故障在初现端倪时就能够被及时捕捉到,避免问题进一步扩大或恶化。其次,分布式控制技术还具备故障诊断的能力。当系统检测到异常数据时,它能够利用内置的算法和模型进行故障分析,快速定位故障发生的具体位置和原因。这种精确的诊断不仅为维修人员提供了明确的修复方向,还避免了因盲目排查而浪费的时间和资源。此外,分布式控制技术的远程维护功能也进一步降低了维护成本。通过远程连接和控制,维护人员可以在任何地点对系统进行远程诊断和修复。这减少了人员往返现场的次数和费用,提高了维护工作的灵活性和效率。综上所述,分布式控制技术通过实时监测、故障诊断和远程维护等功能,实现了对系统的高效管理和维护。这不仅降低了维护成本,还提高了系统的可靠性和稳定性,为企业创造了更大的经济效益。因此,在现代化生产过程中,采用分布式控制技术已经成为一种趋势和必然选择。

## 3 分布式控制在光伏发电技术中的应用

### 3.1 最大功率点跟踪(MPPT)控制

在光伏发电技术中,分布式控制技术的应用为整个系统带来了革命性的改变。其中,最大功率点跟踪(MPPT)控制是分布式控制在光伏发电中的一个重要应用<sup>[3]</sup>。具体来说,分布式控制能够实现光伏组件的最大功率点跟踪功能。由于光伏组件的输出功率受到多种因素的影响,如光照强度、温度、阴影遮挡等,因此,确保光伏组件始终工作在最大功率点,对于提高整个光伏发电系统的效率至关重要。通过采用分布式控制技术,我们可以实时监测光伏组件的工作状态,并根据当前的光照强度、温度等环境条件,精确调整光伏组件的工作点。这样一来,无论外部环境如何变化,光伏组件都能迅速找到并跟踪最大功率点,从而确保输出最大的功率。此外,分布式控制还能实现多个光伏组件之间的协同工作。在大型光伏发电系统中,往往包含大量的光伏组件。通过分布式控制,我们可以实现这些组件之间的信息共享和协同优化,使它们能够更高效地协同工作,进一步提高整个系统的发电效率。因此,最大功率点跟踪控制是分布式控制在光伏发电技术中的一个重要应用,它不仅能够提高光伏组件的发电效率,还能实现多个组件之间的协同优化,为光伏发电技术的发展注入了新的活力。

### 3.2 并网与孤岛检测

在光伏发电系统的运行过程中,并网与孤岛状态是其常见的两种运行模式。并网状态指的是光伏发电系统与电网相连,将电能输送至电网中;而孤岛状态则是指光伏发电系统与电网断开,独立为局部负载供电。这两种状态之间的切换对于系统的稳定运行至关重要。分布式控制技术在光伏发电系统的并网与孤岛检测中发挥了关键作用。通过集成先进的控制算法和传感器技术,分布式控制系统能够实时监测光伏发电系统的运行状态,并准确判断其是否处于并网或孤岛状态。当系统检测到孤岛状态时,分布式控制系统会迅速切断与电网的连接,以避免潜在的电气安全隐患;同时,它还会启动孤岛保护机制,确保局部负载的安全供电。此外,分布式控制系统还能够根据光伏发电系统的实时运行数据,智能地调整并网与孤岛状态之间的切换策略。例如,在电网出现故障或电能质量不佳时,分布式控制系统可以主动将光伏发电系统切换至孤岛状态,以保障局部负载的稳定供电;而在电网恢复正常后,它又可以自动将系统切换回并网状态,实现电能的高效利用。因此,分布式控制技术在光伏发电系统中的应用,不仅提升了系统的运行效率和稳定性,还为可再生能源的推广和应用提供了有力的技术支持<sup>[4]</sup>。

### 3.3 电压与频率控制

分布式控制在光伏发电技术中的应用日益广泛，其中电压与频率控制是其中一个关键环节。通过采用分布式控制策略，我们能够实现对光伏发电系统输出电压和频率的精确控制，从而确保系统稳定运行并满足电网接入要求。具体来说，分布式控制策略通过实时监测光伏发电系统的运行状态，收集各个光伏组件的输出电压和电流信息，进而计算出整个系统的电压和频率。在此基础上，控制策略会根据电网接入标准和电能质量要求，对系统的电压和频率进行智能调整。例如，当系统输出电压或频率偏离正常范围时，控制策略会迅速响应，通过调整光伏组件的工作状态或改变逆变器的输出参数，使系统电压和频率恢复到正常水平。这种分布式控制策略不仅提高了光伏发电系统的电能质量，还增强了系统的稳定性和可靠性。通过精确控制输出电压和频率，我们可以有效减少因电压波动和频率偏差对电网造成的冲击，提高电网运行的安全性和经济性。同时，分布式控制策略还可以实现对光伏发电系统的智能管理和优化，提高系统的发电效率和能源利用率。综上所述，分布式控制在光伏发电技术中的应用具有重要意义。通过精确控制电压和频率，我们可以确保光伏发电系统的稳定运行和高效发电，为可再生能源的推广和应用提供有力支持。

### 3.4 故障诊断与保护

在光伏发电系统中，光伏组件、逆变器等关键设备的稳定运行是确保整个系统持续、高效发电的基础。分布式控制在这些方面发挥了重要作用，特别是在故障诊断与保护方面。首先，分布式控制系统能够实时监测光伏组件的工作状态。通过收集光伏组件的电压、电流等运行数据，并与正常工作状态的数据进行对比，系统可以迅速识别出是否存在异常情况。一旦发现光伏组件出现故障，如短路、开路或老化等问题，分布式控制系统会立即触发相应的保护机制，如切断故障组件的连接，防止故障对整个系统造成影响。同时，对于逆变器这类核心设备，分布式控制也能实现全面的故障监测和保护。逆变器作为光伏发电系统中的关键转换装置，其性能稳定与否直接关系到电能的质量和系统的整体效率。

通过分布式控制，我们可以实时监测逆变器的运行状态，包括其输入输出的电压、电流、温度等参数。一旦发现逆变器出现异常，如过热、过载或输出波形失真等问题，系统会立即采取保护措施，如降低输出功率、启动散热装置或切换至备用逆变器，以确保系统的安全稳定运行。此外，分布式控制还能实现故障信息的记录和报告功能。当系统发生故障时，控制器会记录下故障发生的时间、地点和类型等信息，并生成详细的故障报告。这使得运维人员能够迅速定位故障源，并采取有效的措施进行修复，从而缩短故障处理时间，提高系统的可用性和可靠性<sup>[5]</sup>。综上所述，分布式控制在光伏发电技术中的应用为系统的故障诊断与保护提供了强有力的支持。通过实时监测关键设备的运行状态、及时发现故障并采取相应的保护措施，分布式控制确保了光伏发电系统的安全、稳定运行，为清洁能源的可持续发展提供了坚实的技术保障。

### 结语

综上所述，分布式控制技术在光伏发电系统中的应用具有重要的现实意义和广阔的应用前景。通过实现精确控制、提高系统效率和稳定性、降低维护成本，分布式控制技术为光伏发电技术的可持续发展注入了强大动力。随着技术的不断进步和应用的深入，相信分布式控制技术将在光伏发电领域发挥更加重要的作用，推动可再生能源的广泛应用和绿色发展。

### 参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [3]孙孝文.探讨分布式控制在光伏发电技术中的应用[J].通讯世界,2019,26(2):2.
- [4]秦跃忠.浅谈分布式光伏电站在施工临时用电中的应用[J].安装,2019(12):3.
- [5]杨博.探讨分布式控制在光伏发电技术中的应用[J].通信电源技术,2021,38(8):243-245.