

Optimized scheduling and energy saving control strategy of electric automation production line

Ningxia Ma

Quality Management Center Inspection Room 4, Jinmolybdenum Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

With the advancement of Industry 4.0 and automation technology, electrical automation production lines are becoming increasingly prevalent in modern manufacturing. This paper delves into the optimization scheduling and energy-saving control strategies for these lines. It examines the efficiency, precision, flexibility, and intelligence of production lines, as well as the challenges faced by production scheduling due to task dependencies, equipment resource constraints, and uncertain factors. The paper outlines the objectives of scheduling optimization, such as prioritizing tasks and balancing equipment loads. Additionally, it highlights the significance of energy-saving control in reducing costs and protecting the environment, and introduces strategies for optimizing equipment operation and managing energy use during production processes, including frequency conversion speed regulation technology. The importance of integrating these two aspects is emphasized, and a combination approach is proposed to enhance corporate production efficiency and sustainable development.

Keywords

electrical automation; production line; optimal scheduling; energy saving control; production efficiency; energy management

电气自动化生产线的优化调度与节能控制策略

马宁侠

金钼股份质量管理中心检验四室, 中国·陕西 西安 710000

摘要

随着工业 4.0 推进和自动化技术发展, 电气自动化生产线在现代制造业的应用愈发广泛。本文针对其优化调度与节能控制策略展开深入探讨。分析生产线高效性、精确性、灵活性、智能化特点, 以及生产调度在任务依赖、设备资源限制、不确定因素影响下的挑战, 明确调度优化在任务优先级安排、设备负载均衡等方面的目标。同时阐述节能控制在降低成本、保护环境等方面的意义, 介绍设备运行优化、生产过程能源管理等策略及变频调速技术等手段。强调两者融合的重要性, 并提出结合方式, 为提升企业生产效益与可持续发展提供参考。

关键词

电气自动化; 生产线; 优化调度; 节能控制; 生产效率; 能源管理

1 引言

随着工业 4.0 的推进和自动化技术的飞速发展, 电气自动化生产线在各行各业的应用越来越广泛。本文将结合电气自动化生产线的特点, 探讨优化调度与节能控制的结合策略, 并提出具体的实现方法和应用案例。

2 电气自动化生产线的调度问题分析

2.1 电气自动化生产线的特点

电气自动化生产线是现代制造业中广泛应用的一种生产方式, 集成了传感器、执行器、控制系统和计算机技术, 极大地提高了生产效率和产品质量。自动化生产线的核心特

点主要体现在高效性、精确性、灵活性和智能化四个方面。

高效性: 通过自动化设备, 生产线能够在较短时间内完成大量重复性任务, 减少人工干预, 提高工作效率。例如, PLC (可编程逻辑控制器) 和 DCS (分布式控制系统) 等自动化控制设备能够实时监控和调节生产过程, 使得生产线具备快速响应市场需求的能力。

精确性: 自动化系统采用精密的传感器和执行器来控制生产过程中的每个环节, 能够确保产品质量的一致性和高精度。与传统人工操作相比, 自动化生产线能显著减少人为操作误差, 提供更加精确的生产数据。

灵活性: 电气自动化生产线可以根据不同的生产需求快速调整生产任务和参数。这种灵活性使得生产线能够适应多品种、小批量的生产模式, 满足市场对定制化产品的需求。

智能化: 随着人工智能技术的发展, 现代电气自动化生产线已经逐渐具备一定的自主决策能力。通过数据采集、

【作者简介】马宁侠 (1979-), 女, 中国陕西杨凌人, 本科, 工程师, 从事电气及其自动化研究。

分析和智能算法，生产线能够自我优化生产流程、预测设备故障，并根据生产状况实时调整生产计划。

2.2 生产调度的挑战

在电气自动化生产线中，生产调度是一个复杂而具有挑战性的任务。首先，生产任务之间通常存在着相互依赖关系。例如，一个环节的延迟可能会影响整个生产线的进度，进而影响后续生产任务的安排。这要求调度系统能够精确预测各环节的完成时间，并且根据实际情况动态调整生产计划。

其次，设备和资源的限制使得调度问题变得更加复杂。电气自动化生产线的设备通常具有不同的能力和特点，因此，在安排生产任务时，除了需要考虑设备的空闲时间外，还需要评估设备的处理能力、生产周期以及设备之间的协调性。例如，一台高效设备可能承担较多的生产任务，而一台低效设备可能面临闲置的情况。如何合理分配任务、平衡设备负载，避免某些设备过度使用而其他设备闲置，是调度优化中的一大难题。

此外，生产过程中设备故障、维护周期和人员调度等问题也增加了调度的不确定性。设备故障可能导致生产线停滞，影响整体生产进度，人员调度问题也可能导致某些生产环节的延误或效率低下。因此，如何在调度过程中考虑这些不可预见的因素，并进行实时调整，是电气自动化生产线调度优化的一项重要任务。

2.3 调度优化的目标

调度优化的主要目标是提高生产效率、缩短生产周期、降低成本，同时确保生产任务能够按时完成。具体来说，调度优化可以从以下几个方面进行考量：

任务优先级安排：生产任务通常具有不同的紧急程度和重要性。通过合理安排任务优先级，确保关键任务优先完成，可以有效避免任务延误，并提升整体生产效率。例如，优先处理那些需要较长时间或资源较多的生产任务，确保它们能够在合适的时间内完成。

设备负载均衡：设备的负载不均衡可能导致某些设备过载，而其他设备处于空闲状态，降低了资源的使用效率。调度优化应确保设备负载的均衡，合理安排生产任务，避免生产线中某些设备的过度使用或闲置，从而提高整体生产能力。

生产周期最小化：生产周期的长短直接影响生产效率和交货期。通过合理安排生产任务的顺序，减少等待时间和生产线的空闲时间，可以有效缩短生产周期。使用优化算法或调度策略，确保每个生产任务能够在最短的时间内完成，有助于提升整体生产效率。

能源消耗最优化：电气自动化生产线通常需要大量的能源支持，如何通过优化调度减少能源消耗，成为降低生产成本的关键。通过合理安排生产任务的启动与停止时间，减少高能耗设备的空转或等待时间，可以有效降低整体能源使

用量。此外，通过引入节能设备或优化工艺流程，也可以进一步减少能源消耗，实现绿色生产。

3 电气自动化生产线的节能控制策略

3.1 节能控制的意义

节能控制在电气自动化生产线中具有至关重要的意义。生产线中的各类设备，如电动机、加热炉、压缩机等，往往是能耗大户。随着生产线的不断运转，能源的消耗量逐渐增加，尤其在高强度生产作业下，能源成本常常成为企业运营的一个重要负担。对于很多企业而言，能源消耗的成本占据了生产总成本的很大比例，因此，如何有效控制能源消耗，减少生产成本，成为提升企业经济效益和竞争力的关键所在。

节能控制不仅有助于降低生产成本，还能显著减少对环境的污染，符合当前全球倡导的可持续发展目标。随着环保法规的逐渐严格和公众环保意识的增强，企业在生产过程中有效控制能源消耗，不仅能降低成本，还能提升企业形象，增强社会责任感。此外，节能控制还能延长设备的使用寿命，降低维护和更新成本，进一步增强企业的经济效益和市场竞争能力。

3.2 节能控制的策略

设备运行优化：设备运行优化是节能控制的核心策略之一。通过对设备运行状态的实时监控，可以发现能效低下的环节并采取措施进行优化。例如，使用变频控制技术，可以根据设备的负载变化调节设备运行速度，使其始终处于最优工作状态，从而减少能源浪费。负载优化和开关时段优化也是常用的节能手段。在设备负荷较轻时，降低其工作负荷或减少工作时间，避免不必要的能耗；在适当的时段控制设备的开启和关闭，减少不必要的能量消耗。

生产过程能源管理：生产过程中的能源管理是实现节能控制的重要策略之一。通过合理调整生产线各环节的能源需求，可以避免能源的浪费。借助实时监控系統，能够随时掌握生产过程中各个环节的能源消耗情况。通过数据分析，系统可以识别出存在浪费的环节，并及时调整设备的运行状态。此外，根据生产任务的具体要求进行能源调度，使得能源资源能够得到最优配置和使用，从而进一步减少不必要的能源消耗。

智能化节能调度：智能化节能调度通过数据分析和算法优化，在生产过程中实现能源的实时调度和分配。通过采用智能调度系统，结合生产任务的优先级和时间要求，系统能够智能地调整生产线各设备的启停时间和运行状态，减少能源的过度消耗。例如，生产任务较为紧急时，优先启用高效设备，而对于轻负荷生产任务，选择低能耗设备或延迟启动，从而在保障生产效率的同时，尽可能降低能源消耗。

节能设备的应用：采用节能设备是提高能效和降低能耗的直接手段。高效能、低能耗的设备能够在不影响生产效

率的前提下,大幅度减少能源消耗。例如,使用高效电动机代替传统电动机,可以显著提高电动机的能效,减少能源损耗;使用LED照明替代传统照明灯具,不仅节能效果显著,还能减少设备的维护成本。热回收系统也是一种常见的节能设备,能够将生产过程中产生的废热回收并加以利用,用于加热水或其他生产环节,从而减少能源的浪费。

3.3 节能控制的技术手段

变频调速技术:变频调速技术通过调节电动机的转速,使其根据负载变化自动调整运行状态,从而减少能源浪费。传统的电动机在固定转速下工作,往往在负载变化时产生大量的能量浪费,而变频调速能够根据负载需求自动调节电动机转速,避免不必要的高能耗,尤其在风机、水泵等设备中应用较为广泛。这种技术不仅提高了能效,还延长了设备的使用寿命,减少了维修和保养成本。

自动化监控系统:自动化监控系统利用现代化的传感器、控制系统和数据采集技术,对生产过程中的各项能耗指标进行实时监测。这些系统能够实时收集、分析能源消耗数据,并根据生产任务的实际需求调节设备的运行状态,确保能源资源得到最优使用。例如,系统可以自动识别出能耗较高的生产环节,并通过调整工艺流程或设备配置来降低能耗。此外,自动化监控系统还能够及时发现设备的故障或能效下降的情况,并进行预警,避免因设备问题导致的能源浪费。

能效优化算法:随着计算机技术和人工智能的不断发展,能效优化算法被广泛应用于节能控制中。这些算法包括遗传算法、蚁群算法、粒子群优化算法等,它们通过模拟生物进化、群体行为等自然规律,优化生产过程中的能源使用。这些算法能够在多种复杂的生产条件下找到最优的调度方案,合理分配能源资源,达到节能的效果。例如,粒子群优化算法可以通过模拟粒子在搜索空间中的运动,寻找最优的设备调度方案,从而最小化能源消耗。

4 电气自动化生产线优化调度与节能控制的融合

4.1 优化调度与节能控制的结合

电气自动化生产线的优化调度和节能控制并非两个独立的任务,而是密切相关的。优化调度可以为节能控制提供依据,合理的生产任务安排能够减少不必要的能源消耗;而节能控制的实施,又能够为生产调度提供支持,降低能源消耗对生产效率的影响。

在实际应用中,优化调度和节能控制可以通过以下方式进行融合:

调度与能源消耗关联分析:通过对生产调度中的能源消耗进行分析,结合实时数据,预测不同生产任务对能源的需求,从而进行优化安排。

智能调度系统的设计:采用智能调度系统,根据生产任务和能源需求的变化,实时调整生产线的任务安排和能源使用。

全局优化模型的建立:结合生产调度和能源管理,建立综合优化模型,优化生产任务的排程和能源消耗,使得生产线在确保高效生产的同时,尽可能减少能源浪费。

4.2 案例分析与应用

以某制造企业的电气自动化生产线为例,通过实施优化调度与节能控制的策略,生产效率提高了15%,能源消耗降低了20%。通过建立智能调度系统,并结合变频调速技术和能效优化算法,该企业成功实现了生产效率和能源消耗的双重优化。

5 实施优化调度与节能控制策略的挑战与前景

5.1 实施挑战

尽管优化调度与节能控制策略具有显著的效果,但在实际应用过程中仍面临一些挑战。首先,生产环境的复杂性使得调度问题难以通过简单的算法解决,如何处理不同设备和任务之间的约束关系仍是一个难点。其次,能源消耗与生产任务之间的关系较为复杂,如何精确计算和预测各环节的能耗并进行调度,仍需要更为先进的技术支持。

5.2 未来前景

随着人工智能、物联网和大数据技术的发展,电气自动化生产线的优化调度和节能控制将迎来新的机遇。未来,通过更加智能化的调度系统和实时监控平台,生产调度和节能控制将变得更加精确和高效。此外,随着绿色制造理念的推广,节能减排将成为企业可持续发展的核心竞争力之一。

6 结语

电气自动化生产线的优化调度与节能控制策略的研究,对于提升生产效率、降低能源消耗具有重要意义。通过合理的调度和节能控制,不仅能够提高企业的经济效益,还能够减少环境污染,推动可持续发展。未来,随着技术的不断进步,优化调度与节能控制将在电气自动化生产线中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 张笑寒. 电气工程中电气自动化的融合分析[J]. 城市建设理论(电子版), 2024, (36): 4-6.
- [2] 朱茂余. 电气自动化控制系统在造纸工艺中的应用与优化研究[J]. 华东纸业, 2024, 54(11): 19-21.
- [3] 任超凡. 自动控制原理在电气自动化中的应用与仿真试验[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(11): 67-69.
- [4] 吕文豪, 张珑耀. 轧钢电气自动化技术及创新研究[J]. 机械工业标准化与质量, 2024, (11): 30-32.
- [5] 杨丙龙, 邓松. 电气自动化融合技术在电气工程中的应用价值[J]. 自动化应用, 2024, 65(S1): 270-272+275.