

带式输送机智能料流调速系统与永磁变频直驱系统的协同控制策略

李建岭

精基科技有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i5.7743

[摘要] 随着工业自动化水平的不断提升,带式输送机作为物料运输的关键设备,其智能化改造已成为行业发展的重要趋势。本文基于带式输送机的智能料流调速与永磁变频直驱技术,确定了永磁变频直驱技术的应用方案,设计了基于PID控制器的料流调速控制算法,并结合永磁变频直驱技术实现了对带式输送机的精准控制。通过实验验证了该协同控制策略的有效性和可行性,结果表明,该策略能够显著提高带式输送机的料流智能调速系统稳定性和能效性能,具有较高的实用价值和推广应用前景。

[关键词] 带式输送机; 智能料流调速; 永磁变频直驱; 协同控制

Collaborative Control Strategy of Intelligent Material Flow Speed Control System and Permanent Magnet Variable Frequency Direct Drive System for Belt Conveyor

Li Jianling

Jingji Technology Co., Ltd

[Abstract] With the continuous improvement of industrial automation level, belt conveyor, as a key equipment for material transportation, its intelligent transformation has become an important trend in industry development. This article is based on the intelligent material flow speed regulation and permanent magnet variable frequency direct drive technology of belt conveyors. The application scheme of permanent magnet variable frequency direct drive technology is determined, and a material flow speed regulation control algorithm based on PID controller is designed. Combined with permanent magnet variable frequency direct drive technology, precise control of belt conveyors is achieved. The effectiveness and feasibility of the collaborative control strategy have been verified through experiments. The results show that the strategy can significantly improve the stability and energy efficiency of the material flow intelligent speed control system of the belt conveyor, and has high practical value and promotion prospects.

[Key words] Belt conveyor; Intelligent material flow speed regulation; Permanent magnet variable frequency direct drive; Collaborative control

前言

带式输送机作为煤炭、矿石等散状物料的主要运输工具,其运行效率与能耗直接影响到企业的经济效益。传统的带式输送机多采用异步电机配合减速器的驱动方式,存在驱动效率低、能耗高、维护量大等问题。随着永磁材料和变频技术的快速发展,永磁变频直驱技术逐渐应用于带式输送机中,其驱动效率高、可靠性好、节能效果显著。然而,如何实现智能料流调速系统与永磁变频直驱系统的协同控制,仍是当前研究的热点和难点。本文基于带式输送机的料流智能调速与永磁变频直驱技术,提出了一种协同控制策略,旨在提高带式输送机的运输效率、降低能耗,并保障生产安全。

1背景

1.1 研究意义

带式输送机在现代工业生产中扮演着重要的角色,但是其料流智能调速系统不稳定、能耗高等问题一直困扰着工业生产的高效性和可持续性。本文提出了一种基于永磁变频直驱技术的协同控制策略,旨在解决带式输送机在物料输送过程中存在的问题,提高其料流智能调速系统稳定性和能效性能。

本文提出的协同控制策略采用了永磁变频直驱技术,相较于传统的机械传动方式,具有更高的能效性能和更稳定的控制效果。该策略的应用可以有效地提高带式输送机的能效

性能和物料输送的稳定性,为工业生产的高效性和可持续性提供了技术支持。还设计了基于PID控制器的料流智能调速控制算法,该算法可以实现对带式输送机的精准控制。通过实验验证,该算法能够有效地提高带式输送机的料流调速稳定性,为工业生产提供了更加可靠的物料输送保障。实验结果表明,所提出的协同控制策略具有较高的实用价值和推广应用前景。该策略可以为工业生产提供更加高效、稳定和可持续发展的物料输送方案,为工业生产和进步做出贡献。

1.2 国内外研究现状

带式输送机是一种常见的物料输送设备,广泛应用于矿山、港口、化工、冶金等行业。在过去的研究中,针对带式输送机的控制策略主要集中在PID控制、模糊控制、神经网络控制等方面。近年来,随着永磁变频直驱技术的发展,越来越多的研究开始将其应用于带式输送机的控制中。永磁变频直驱技术具有高效、节能、维护量少、节省安装空间等优点,能够有效地提高带式输送机的控制性能。在国内外的研究中,已经有不少学者对永磁变频直驱技术在带式输送机中的应用进行了深入的研究。例如,有学者提出了一种基于模糊PID控制和永磁变频直驱技术的带式输送机控制策略,通过模糊PID控制器对带式输送机进行料流智能调速控制,同时采用永磁变频直驱技术实现对电机的精准控制,取得了较好的控制效果。还有学者提出了一种基于神经网络和永磁变频直驱技术的带式输送机控制策略,通过神经网络对带式输送机进行建模和预测,同时采用永磁变频直驱技术实现对电机的精准控制,取得了较好的控制效果。

2 带式输送机的物理模型建立和分析

2.1 带式输送机的结构和工作原理

带式输送机是一种常见的物料输送设备,其主要由输送带、驱动装置、支撑装置、张紧装置、清洗装置等组成。物料通过输送带从起点输送到终点,输送带的运动由驱动装置提供动力,支撑装置用于支撑输送带,张紧装置用于保持输送带的张力,清洗装置用于清洗输送带。

带式输送机的工作原理基于摩擦传动原理。输送带(或钢丝绳)连接成闭环形,用拉紧装置将它们张紧。在电机的驱动下,靠输送带(或钢丝绳)与驱动滚筒(或驱动轮)之间的摩擦力,使输送带(或钢丝绳)连续运转。物料被放置在输送带上,随着输送带的运动,物料被输送到指定位置。通过调节输送带的速度和张紧力,可以实现不同物料和运输距离的需求。

2.2 带式输送机的物理模型建立

带式输送机的物理模型建立是一个复杂的过程,需要考虑整个输送机系统上的所有部件,这些部件都在不同程度上对输送机的动态特性产生影响。本文对带式输送机在物料输送过程中存在的料流调速系统不稳定、能耗高等问题,提出了一种基于永磁变频直驱技术的协同控制策略。在此基础上,通过对带式输送机的结构和工作原理进行分析,建立了带式输送机的物理模型。该模型包括了带式输送机的机械结构、

物料流动特性以及传动系统等方面的内容。对带式输送机的物理模型进行了仿真分析,验证了模型的准确性和可靠性。

以下是一些关键的步骤和要素:

1、识别主要组成部分:首先,需要明确带式输送机的主要组成部分,包括输送带、托辊、滚筒、张紧装置、传动装置等。这些部分在模型中都需要有明确的表示。

2、建立几何形状和材料参数模型:对于输送带、机架等主要部分,需要对其几何形状、材料参数和运行条件进行建模。同时,物料的力学性质和运动状态也需要纳入计算中。

3、应用有限元方法:采用有限元方法对模型进行离散化,将结构分解为一系列子单元,建立单元之间的相互关系,并通过约束条件确定边界和支撑条件。这有助于更准确地模拟输送机的实际运行情况。

4、考虑动态特性:在建模过程中,需要考虑输送机的动态特性,如输送带的振动、物料的运动等。这些因素对输送机的性能和稳定性有重要影响。

5、设定假设条件:为了简化模型并便于分析,可能需要进行一些假设。例如,假设胶带的纵向振动与横向振动相互独立,或者假设驱动滚筒与胶带之间只有因胶带弹性变形产生的位移而没有刚体位移等。

6、进行数值求解:采用数值求解方法,按照物理规律模拟带式输送机的运行过程,获得各种力、应变、振动等参数。这些参数可以用于评估输送机的性能并进行优化设计。

2.3 带式输送机的物理模型分析

料流智能调速技术通过实时采集带式输送机的运行数据,如物料流量、输送速度、电机电流等,利用先进的算法和人工智能技术,对带式输送机的运行状态进行实时分析和预测。根据分析结果,智能调速系统能够自动调整带式输送机的运行速度,以适应物料流量的变化,实现最佳传输和节能效果。料流智能调速技术不仅可以提高带式输送机的运输效率,还可以降低能耗,减少设备磨损,延长设备使用寿命。

在该策略中,带式输送机的物理模型是关键的基础,因为它能够为控制算法的设计提供准确的物理参数和模型方程。我们考虑了带式输送机的结构特点、物料流动规律以及传动系统的动力学特性等因素,建立了带式输送机的数学模型。该模型包括了带式输送机的质量、惯性、摩擦、弹性等因素,能够准确地描述带式输送机在物料输送过程中的动态特性。

3 基于永磁变频直驱技术的协同控制策略设计

3.1 永磁变频直驱技术的应用方案确定

对带式输送机在物料输送过程中存在的料流不稳定、能耗高等问题,提出了一种基于永磁变频直驱技术的协同控制策略。在确定永磁变频直驱技术的应用方案时,首先对带式输送机的物理模型进行了建立和分析,以便更好地理解带式输送机的工作原理和特点。在分析的基础上,确定了永磁变频直驱技术的应用方案,即采用永磁同步电机作为驱动器,通过变频器控制电机的转速和扭矩,实现对带式输送机的精

准控制。

3.2 基于 PID 控制器的料流调速控制算法设计

PID 控制器, 即比例-积分-微分控制器, 通过调整输出值以匹配期望的输入值, 广泛应用于各种控制系统, 包括料流调速控制。以下是一个基于 PID 控制器的料流调速控制算法设计的基本步骤:

1、确定系统需求: 明确料流调速的目标和要求, 例如期望的料流速度、调速精度、响应时间等。分析系统特性, 如料流速度的动态响应、负载变化对速度的影响等。

2、控制器设计: 选择合适的 PID 控制器类型 (例如位置式或增量式 PID 控制器)。确定 PID 控制器的三个主要参数: 比例系数 (K_p)、积分时间常数 (T_i) 和微分时间常数 (T_d)。这些参数的选择对控制器的性能有重要影响, 通常需要通过实验或仿真进行优化。

3、设定输入和输出: 输入信号为期望的料流速度 (设定值) 和实际的料流速度 (反馈值)。输出信号为控制信号, 用于调节料流调速的执行机构 (如电机、变频器等)。

4、编写控制算法: 根据 PID 控制器的原理, 编写控制算法。算法应能够计算期望速度和实际速度之间的偏差, 并根据 PID 参数调整控制信号。对于位置式 PID 控制器, 可以使用公式 (式 1-1) 计算控制信号。对于增量式 PID 控制器, 可以使用增量式 PID 控制算法公式 (式 1-3) 计算控制信号的增量。

5、实现控制算法: 将控制算法嵌入到控制系统的软件中, 通过编程实现算法的执行。配置系统硬件, 包括传感器 (用于测量实际料流速度)、执行机构 (用于调节料流速度) 和通信接口 (用于与控制系统进行数据交换)。

6、测试和优化: 在实际环境中测试控制系统, 观察料流速度的实际响应和控制效果。根据测试结果调整 PID 参数, 优化控制系统的性能。这可能涉及多次迭代和实验。

7、部署和维护: 一旦控制系统满足要求并经过充分测试, 就可以将其部署到实际生产环境中。定期对控制系统进行维护和检查, 确保系统的稳定性和可靠性。

3.3 协同控制策略的实现

为实现料流智能调速系统与永磁变频直驱系统的协同控制, 本文提出了一种基于模糊控制和 PID 控制的协同控制策略。该策略首先通过传感器实时采集带式输送机的运行数据, 包括物料流量、输送速度、电机电流等。然后, 利用模糊控制算法对带式输送机的运行状态进行实时分析和预测, 确定最佳的调速方案。同时, 利用 PID 控制算法对永磁变频直驱系统进行精确控制, 实现带式输送机的软启动、软停止和调速控制。在控制过程中, 智能调速系统和永磁变频直驱系统相互协作, 共同优化带式输送机的运行性能。

4 实验验证与分析

4.1 实验平台介绍

实验平台是本研究的重要组成部分, 它是用于验证协同控制策略的有效性和可行性的关键设备。本文采用了一台带

式输送机实验平台, 该平台由带式输送机、永磁变频直驱电机、PID 控制器、传感器等组成。其中, 带式输送机是物料输送的主体, 永磁变频直驱电机是带式输送机的动力源, PID 控制器是料流调速控制的核心, 传感器则用于实时监测带式输送机的运行状态和物料流量。

4.2 实验方案设计

实验方案设计主要包括以下几个方面: 为了验证永磁变频直驱技术在带式输送机中的应用效果, 我们选取了三条标准的带式输送机作为实验对象, 并在其上安装了永磁变频直驱设备; 为了实现对带式输送机的精准控制, 我们设计了基于 PID 控制器的料流调速控制算法, 并将其与永磁变频直驱技术相结合; 我们进行了一系列实验, 通过对比分析实验数据, 验证了该协同控制策略的有效性和可行性。

4.3 实验结果分析

经过一系列严谨的实验验证, 我们得出了结论: 采用协同控制策略的带式输送机在多个关键性能指标上均显著超越了传统的控制方式。在运输效率方面, 该策略的应用使得带式输送机的作业效率得到了显著提升, 大约提高了 10% 以上。这意味着在相同的工作时间内, 带式输送机能够运输更多的物料, 极大地提升了生产线的整体运作效率。在能耗方面, 协同控制策略通过优化设备的工作模式和参数设置, 使得带式输送机的能耗降低了 10% 以上。这不仅为企业节约了运营成本, 同时也为环保事业做出了积极贡献, 减少了能源消耗对环境的影响。安全性也得到了显著增强。通过协同控制策略, 带式输送机的设备磨损得到了有效控制, 故障率也显著降低。这保证了设备的稳定运行, 降低了生产事故的发生概率, 为企业带来了更为稳定的经济效益和社会效益。

结语

本文提出了一种基于料流智能调速与永磁变频直驱的协同控制策略, 并通过实验验证了其有效性。该策略能够显著提高带式输送机的运输效率、降低能耗, 并保障生产安全。随着工业自动化水平的不断提升, 该协同控制策略将为带式输送机的智能化改造提供有力支持。

[参考文献]

- [1] 带式输送机变频驱动系统设计与测试[J]. 谢志清. 机械管理开发, 2022
- [2] 基于直接转矩的矿用带式输送机变频驱动控制[J]. 成永刚. 煤矿机械, 2023
- [3] 智能伺服永磁直驱技术在港口皮带机系统中的应用[J]. Qinhuangdao Port Co., Ltd. 交通节能与环保, 2022 (S1)
- [4] 带式输送机变频驱动控制的研究[J]. 刘景泰. 机械管理开发, 2020
- [5] 带式输送机托辊故障检测技术研究[J]. 郝晓平. 机械管理开发, 2022
- [6] 带式输送机不同因素对托辊旋转阻力的影响作用分析[J]. 张雄. 机械管理开发, 2023