

基于模糊控制的带式输送机液压制动系统的研究

Research on hydraulic braking

system of belt conveyor based on fuzzy control

李庆平 (西山煤电集团有限责任公司新产业公司, 山西 太原 030000)

Li Qingping (New industry company of Xishan Coal & Electricity Group Co.,Ltd, Shanxi Taiyuan 030000)

摘要: 带式输送机作为煤矿井下主要机电运输设备,其运行稳定性对保障矿井安全、高效生产的发挥重要作用。针对传统的带式输送机盘式制动系统制动性能差,停车时发生溜车的问题,对带式输送机的液压制动控制系统进行优化设计,给出了基于遗传算法PID的优化方案,并对方案进行仿真验证,优化后的系统控制能力得到有效提升,保障矿井运输系统稳定运行。

关键词: 带式输送机; 盘式制动; 液压系统; 模糊控制

Abstract: as the main mechanical and electrical transportation equipment in coal mine, the belt conveyor plays an important role in ensuring the safety and high efficiency of mine production. Aiming at the problems of poor braking performance and sliding in parking, the paper designs the hydraulic brake control system of belt conveyor, and gives the optimization scheme based on genetic algorithm PID. The simulation and verification of the scheme are carried out. The optimized system control ability is effectively improved to ensure the stable operation of the mine transportation system.

Key words: belt conveyor; Disc brake; Hydraulic system; fuzzy control

0 引言

带式输送机作为矿井综采工作面的主要运输设备,随着工作面开采效率的不断提升,矿井带式输送机逐步朝着大功率、大运距、大载荷的方向发展,其工作的效率直接影响着我国煤矿开采的效率。同时,也对带式输送机的制动系统要求也越来越高,特别是在下运过程中带式输送机动力缺失会造成严重的安全生产事故^[1]。当前,带式输送机的制动系统主要采用:机械闸块制动、电气动力制动、液力制动等。电气制动具有制动性能稳定优点,但在电机负荷较大是,无法有效保证制动系统的有效制动;而液力制动系统,在转速较低的情况下制动力矩迅速减小,仍需机械闸块进行干摩擦进行制动,闸块在摩擦制动时易产生火花,威胁矿井的安全生产。为保证制动过程的安全稳定,需对液压控制系统进行优化改造。本文对液压制动系统的液压元件和硬件设备选型进行分析,设计基于模糊控制的带式输送机液压制动系统,满足了下运带式输送机对为矿井带式输送机液压制动系统的优化改造提供一定的理论基础。

1 制动系统研究

带式输送机的主要组成部分有:输送带、托架及机架、传动装置、拉紧装置、储带装置和清扫装置等。制动系统是带式输送机的重要装置。液压制动系统主要由油箱、液压泵、充液阀、精过滤器、压力表、溢流阀、节流阀、系统电磁换向阀、系统溢流阀、系统电磁比例

阀、二位四通换向阀、系统制动器、储蓄能量容器等组成^[2]。

带式输送机正常运行过程中,当控制单元得到主控信号;要求液压制动器实施制动,在进行制动时液压制动油液必须在1s内充满整个制动器,否则就失去了紧急制动的意义,无法保证带式输送机的安全运行。其中当传感器检测值低于设定值下限时,此时系统对伸出阀进行调节,使得活塞伸出,当传感器检测值高于上限值时低于收缩阀进行操作,使得活塞缩回。液压泵对的活塞杆与机尾的移动部分相互连接,当液压泵活塞做出相应动作时,此时的机尾移动部位发生相应的移动,调节机头机尾的制动器,实现制动。系统重复如上的工作,使得设备在运行过程中的安全^[3]。对系统液压元件的参数选定进行研究,液压泵流量计算可按下式计算公式:

$$q=Vn\eta_{PV}$$

式中: q 为泵流量, mL/s; V 为泵的排量, mL/r; n 为泵转速, r; η_{PV} 为泵的效率。

将相关的参数代入到式中,可以得到泵的流量超过了120mL/s,大于要求的115mL/s,设计满足工作要求。根据计算情况进行仿真模拟,选定仿真软件AMESim,对仿真模拟的参数进行设定,选定仿真时间为10s,仿真的采样周期为0.1s,得到收缩工况下的液压泵无杆侧的应力速度变化曲线如图1所示。

如图1所示可以看出,当系统开始运行时,此时的

液压泵的油压呈现大幅度波动, 当时间为 0.1s 时, 此时的压力最大, 最大值为 256bar, 当时间为 3s 时, 此时的油压力值最小, 最小值为 128bar, 波动幅度为 100%, 在时间 4s 后压力逐步趋于平稳, 平稳压力为 154bar, 而液压泵速度呈现出上下波动的情况, 当时间为 4s 时速度稳定为 0。根据以上分析可以看出液压泵的波动幅度太大, 使得系统较为不稳定, 所以需要对其进行优化设计^[4]。

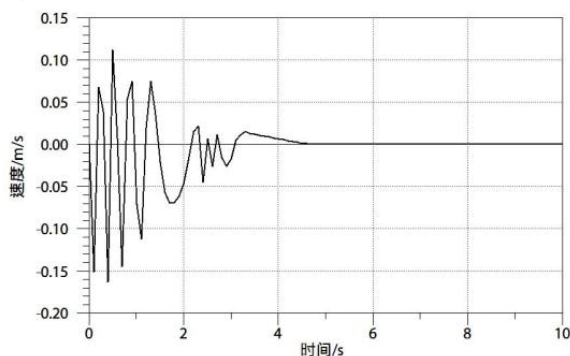


图1 收缩工况下的液压泵应力速度变化曲线

2 液压控制的优化设计

基于遗传算法 PID 对系统进行优化, 通过对每个特征进行编码后杂交, 从而得出不同的优化解, 对计算得出的解进行对比分析, 从而得出最优的参数, 实现优化设计。对基于遗传算法的 PID 优化方案进行设计, 带式输送机制动系统的控制单元主要为收缩伸出阀, 均为电液换向阀, 这就使得只能存在全开、全关, 而不能实现半开半关状态, 所以首先需要对其进行优化, 本文选定拥有伺服系统精度和高性价比的电液比例换向阀, 其不仅可以实现换向, 同时可以实现流量的调节, 实现系统的精准控制。基于遗传算法的 PID 优化控制图如图 2 所示。

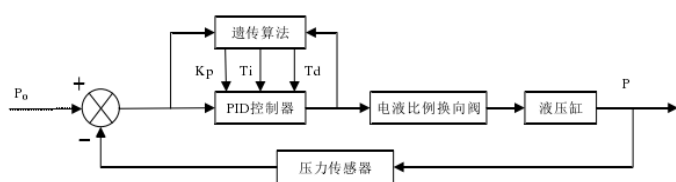


图2 基于遗传算法的PID自动液压系统控制流程图

如图 2 所示, 算法以目标值为目标, 根据液压泵无杆侧的压力对 PID 的参数进行实时调整, 同时根据 PID 的整定参数对液压泵无杆侧的压力与初步设定的目标值进行积分、微分等操作对电液比例换向阀进行精准控制, 电液比例换向阀的开口度直接影响着杆侧的流量值, 直接利用制动器的阻力矩来制动^[5]。

3 系统的模拟研究

对优化方案进行仿真模型的建立, 对仿真的模型进行重新设置, 将 PID 的输参数设定为输入量, 设定为比例系数 0.3~0.6, 积分时间为 0~0.1s, 微分时间同样为 0~0.1s 输出量为需要优化控制的目标量, 由于遗传算法的参数有着明显的影响, 所以参数值的设定应当适当选

定, 完成设定后对其进行仿真模拟计算, 经过计算可以得出三种参数的最佳分别为比例系数 0.54, 积分时间为 0.059s, 微分时间同样为 0.067s, 所以将计算得到的参数代入到仿真模型, 模型仿真步长设定为 0.05s, 仿真时间设定为 8s。优化后收缩工况下的液压缸应力速度变化曲线如图 3 所示。

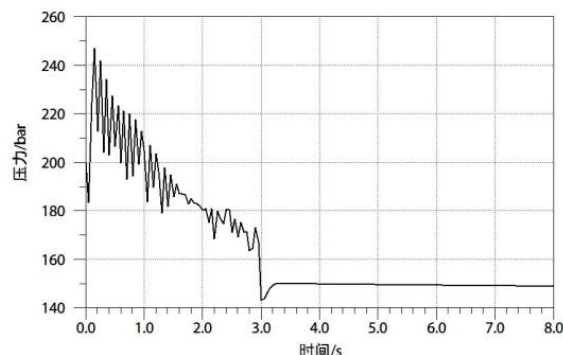


图3 优化后收缩工况下的液压缸应力速度变化曲线

经过优化后液压泵无杆侧的压力波动明显减小, 而系统达到稳定的时间由优化前的 4s 降低为 3s, 液压泵无杆侧的压力达到平稳的压力为 148bar, 同时液压泵无杆侧的速度曲线波动的幅度也有了明显的降低, 此时虽然液压泵无杆侧的压力距离设定的上限值有一定的差距, 但其高于设定的最小值, 所以系统可以稳定运行, 所以优化达到了理想的效果^[6-7]。

3 结论

矿井带式输送机在运行过程中, 经常有下滑速度不稳、制动效果差的现象。为此, 本文通过分析带式输送机制动系统, 给出了带式输送机液压制动控制系统的液压元件和硬件设备进行了选型设计。通过对原有系统进行仿真研究发现, 液压泵的油压波动幅度太大, 使得系统较为不稳定, 并给出了基于遗传算法 PID 的优化方案。并对优化后方案进行仿真模拟, 发现优化后的液压控制系统的制动力有了显著提升, 有效解决了下运带式输送机停车溜车的问题, 保障矿井的运输安全性和可靠性。

参考文献:

- [1] 韩林睿, 邓永红. 基于 PLC 的带式输送机控制算法的研究 [J]. 煤矿机械, 2021, 42(03): 190-192.
- [2] 王建军. 下运式带式输送机盘式制动装置液压控制系统研究 [J]. 水力采煤与管道运输, 2019(01): 32-34.
- [3] 雷汝海, 赵强. 矿井带式输送机节能优化与智能控制系统研究 [J]. 煤炭技术, 2017, 36(12): 184-186.
- [4] 陈雪. 基于模糊控制的带式输送机节能运行系统研究 [J]. 山西能源学院学报, 2018, 31((04)): 33-35.
- [5] 张财中. 基于 PLC 的带式输送机多机功率平衡模糊控制系统研究 [J]. 水力采煤与管道运输, 2019(05): 53-55.
- [6] 刘文平, 李文斌, 王维. 基于模糊控制技术的带式输送机自动纠偏装置的设计与仿真 [J]. 煤矿机械, 2014(11): 265-267.
- [7] 赵建东, 衣淑丽, 朱丽. 基于 PLC 的带式输送机功率平衡控制系统研究 [J]. 煤矿机械, 2015, 36(10): 286-288.