

基于模糊 PID 控制的矿井通风机变频调速技术

周 敏 (西山煤电集团有限责任公司西铭矿, 山西 太原 030053)

摘 要: 西铭矿针对原有矿井通风系统间歇时间长, 通风效率低等问题, 采用模糊 PID 控制对矿井通风系统进行技术改造, 系统会根据瓦斯浓度偏差和偏差率调整模糊规则因子, 来实现局部通风机转速的自适应控制。并对 PID 模糊控制技术的仿真效果分析, 实践效果良好, 有效保证矿井通风机的安全稳定运行。

关键词: 通风机; 模糊控制; PID 控制; 调整因子; 自适应; 仿真模拟

Abstract: Aiming at the problems of long intermittent time and low ventilation efficiency of the original mine ventilation system in Malan mine, the fuzzy PID control is adopted to carry out the technical transformation of the mine ventilation system. The system will adjust the fuzzy rule factor according to the gas concentration deviation and deviation rate to realize the adaptive control of the local fan speed. The simulation effect of PID fuzzy control technology is analyzed, and the practice effect is good, which effectively ensures the safe and stable operation of mine fan.

Key words: ventilator; Fuzzy control; PID control; Adjustment factors; Self adaptation; analogue simulation

1 引言

煤炭作为我国的基础能源, 在能源消费比例达到 70% 左右, 为我国国民经济的发展发挥巨大的作用。通风是保证矿井安全生产的重要环节, 负责将井下工作面输送新鲜空气、排出有毒有害气体和粉尘的重任。通风机作为煤矿的通风主要设备, 在实际运行过程中消耗电能较大, 为实现节能减耗, 保证矿井通风安全, 山西矿井通风机变频自动调节具有非常重要意义。但是, 在实际运行工况下通风机存在间歇时间长, 通风效率低、低负载运行等问题, 严重浪费着电能。所以对通风机的进行变频调速是十分重要的, 黄晟, 林毅^[1]通过分析矿井通风机变频调速系统的总体设计的前提下, 对 PLC 控制平台及矿井通风机变频调速控制进行分析, 给出了相应的风机变频调速系统, 为其余矿井通风变频控制系统的构建提供参考。王晓阳针对通风机不能根据需风量进行实时风量控制的问题, 基于原有的通风系统的基础对通风机变频调速系统进行总体设计, 并对变频控制系统进行模拟分析, 实践效果良好。西铭矿采用 PID 控制技术对矿井通风机进行风量自动调节进行优化改造, 有效的提升了矿井风机的工作效率, 保证矿井的安全稳定运行。

2 模糊 PID 控制技术原理分析

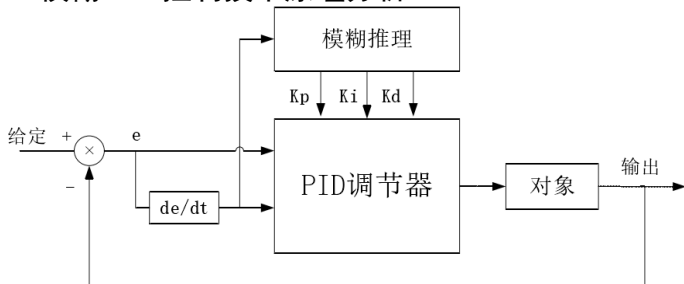


图 1 自适应模糊 PID 控制器结构图

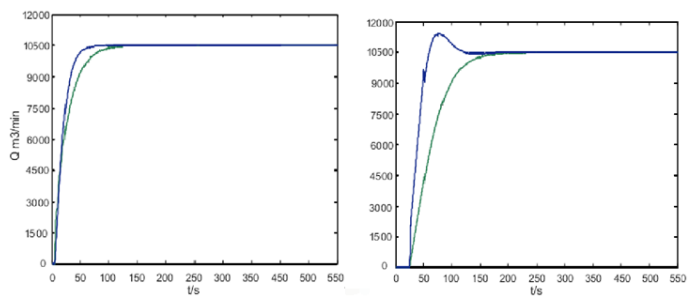
西铭矿针对原有的矿井通风机惯性大、模型时变滞后等问题, 在实际运行过程中不能有效控制变量准确反映通风系统的扰动, 对矿井的通风机进行变频改造。随着计算机科学的不断发展, 智能化逐步运用于矿井开采

中, 基于自适应模糊 PID 控制可以较好的实现变频控制。自适应模糊 PID 控制器是采用自适应模糊推理的方式, 对 PID 调节器的各个参数进行整定, 从而实现稳定控制。自适应模糊 PID 控制器结构示意图如图 1 所示。

由图 1 可知, PID 模糊控制器的工作流程为对控制器进行给定值的输入, 给定值输入后对给定制与实际值进行比较分析, 确定两者的差值, 此时模糊推理控制模块会对差值进行分析, 从而得出修改 PID 控制器的参数, 实现实时的调节, 系统一直持续循环以上过程, 实现控制器的最优化管理。

通风机风量调节原理同样是对给定值进行一系列的运算, 从而对比得出变频器输入量, 实现异步电动机的实时控制, 达到控制风量的目的。

对比分析自适应模糊 PID 控制与模糊控制响应曲线, 首先进行仿真模拟的数据设置, 由于两者为单一变量对比, 所以两者的参数设置应当一致, 完成模型的设置后对进行仿真, 仿真结果如图 2 所示。



a) 延时 1s 仿真模拟曲线 b) 延时 10s 仿真模拟曲线

图 2 仿真模拟曲线

如图 2 所示, 蓝色曲线代表自适应模糊 PID 控制曲线, 而绿色曲线代表的为模糊控制曲线, 当延时为 1s 时, 此时的自适应模糊 PID 控制曲线在 60s 时达到稳定, 而相应的模糊控制曲线 120s 达到稳定, 所以在延时为 1s 时的模糊控制曲线达到稳定的速度较自适应模糊 PID 控制曲线慢。当延时为 10s 时, 此时的自适应模糊 PID

3.1 PID 模糊控制系统的硬件选型

3.2 控制系统的软件设计

```

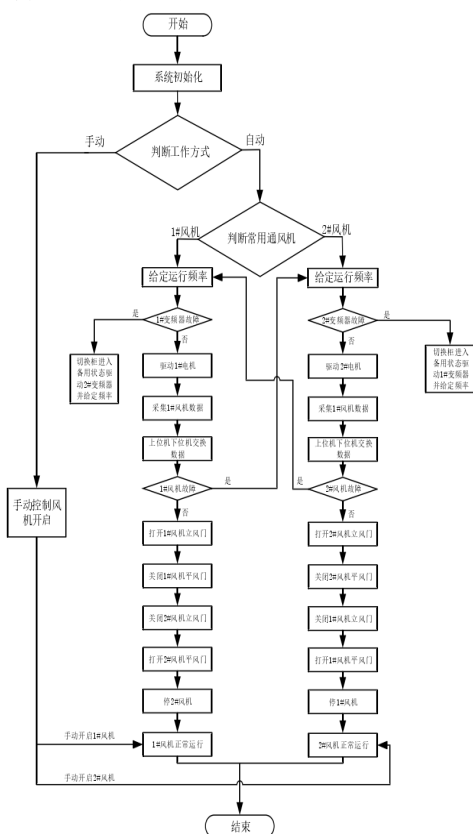
graph TD
    A[上位机组态] --> B[画面组态]
    A --> C[脚本程序]
    A --> D[报警设置]
    A --> E[网络配置]
    B --> B1[风机运行画面]
    B --> B2[报表查询画面]
    B --> B3[风量控制界面]
    B --> B4[高压开关柜状态]
    B --> B5[报警显示画面]
    C --> C1[报表存储程序]
    C --> C2[报表查询程序]
    C --> C3[报警程序]
    D --> D1[报警数据库]
    D --> D2[登录报警]
    D --> D3[事件报警]
    E --> E1[客户端]
  
```

由图 4 可知,上位机的组态系统由画面组态、脚本程序、报警设置及网络配置四个部分构成。画面组态主要包括了风机运行画面、风量控制界面、报警显示界面、报表查询界面及高压开关柜状态,同时系统可以将运行状态及风量等随时间变化曲线进行绘制,便于对比研究。报警系统可以监测风机的速度、温度、风流量、负压等参数,根据提前设定的阈值,从而给出报警范围,当检测的数据超过正常范围时,此时系统会自动报警,并亮起故障等。

西铭矿为验证矿井通风系统的稳定性,对设计的变频控制系统进行验证研究,根据西铭矿的实际测定的给风量 $7500\text{m}^3/\text{min}$ 进行设定,将风量输入至上位机组态软件,开始进行系统运行。根据系统反馈的数据可以看出频率值为 25.5Hz ,控制器的输出频率不断上升,此时风量上升至 $7500\text{m}^3/\text{min}$,由于存在一定的滞后性使得风量超过给定值,此时显示的输出频率降低,风量维持在 $7500\text{m}^3/\text{min}$,此时变频器的数值持续保持在 25.5Hz ,自适应模糊 PID 风机变频系统取得良好的效果。

本文对自适应模糊 PID 控制技术原理进行分析,并对比了模糊控制技术及自适应模糊 PID 控制技术的响应速度,发现自适应模糊 PID 控制对风量的控制响应较快,给出了自适应模糊 PID 变频控制通风系统的总体设计目标,并对变频控制系统的硬件及软件进行分析,给出了自适应模糊 PID 变频控制系统,通过对变频控制系统应用进行分析,实践取得良好效果,有效保证矿井的通风安全。

[1] 黄晟, 林毅, 江煜波. 基于模糊PID的矿井局部通风机控制技术[J]. 煤矿机械, 2012(04):202-204.



由图 3 可知,程序运行可分为手动及自动模式两种,其中手动模式是操作人员根据实际的通风机运行状态对系统进行切换,自动模式是控制器对分支风道内部的负压和风速进行监控,为了避免风流短路对的事故,在程序中增加两组立风门和平风门,两风门为互锁状态,当一号风机发生故障且短时间内无法恢复时,此时 2 号风机启动。在风机正常运行过程中控制器通过对采集数据与标准值进行实时比较,当出现采集风量与标准值差距较大的情况时,此时程序会对偏差进行计算,得出变压