

基于智能 PID 的矿井通风机自动调控系统研究

周京军（西山煤电集团有限责任公司，山西 太原 030053）

摘要：矿井通风机素有“矿井肺腑”之称，保证矿井通风机的安全、稳定运行具有非常重要意义。杜儿坪矿为解决原有通风系统间歇时间长，通风效率低等问题，对矿井通风系统进行优化分析，基于 PID 模糊控制原理设计了矿井通风机智能变频控制系统，并对变频控制系统的硬件、软件进行设计分析，现场实践取得良好的应用效果，该系统以风机压力为输入变量，以变频器频率为控制变量，可以实现风机风速的调节，满足节约能源和适应生产的需要。

关键词：矿井通风机；模糊 PID 控制器；变频调速；优化设计

0 引言

矿井通风机素有“矿井肺腑”之称，作为煤矿井下重要的机电设备之一。矿井通风机担负着向井下输送新鲜空气、排出粉尘和污浊气流的重任；为此，保证矿井通风机安全、稳定运行具有非常重要意义。在实际的运行过程中矿井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。诸多学者开展相关研究，宋爽，陈军霞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，给出了相应的气机变频调速系统，为其余矿井通风变频控制系统的构建提供参考。张梅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，并给出了相应的硬件软件设计过程，并通过现场实践验证了设计的变频控制系统的可行性。本文利用 PID 控制器对矿井通风机进行风量自动调节研究，有效的提升了矿井风机的工作效率，为矿井高效生产提供一定的参考。

1 通风机自适应模糊控制技术

针对矿井通风机有大惯性、模型时变及大时滞等特性，其运行过程中控制量不能准确反映系统的扰动，所以通风机的控制十分复杂，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 1 所示。

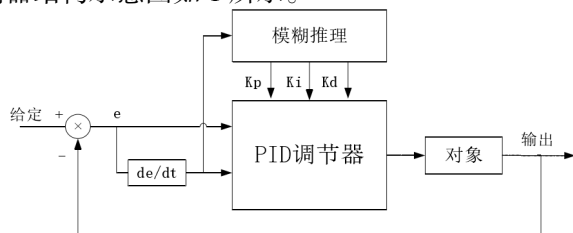


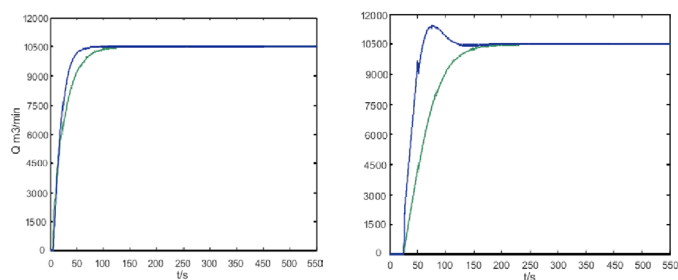
图 1 自适应模糊 PID 控制器结构图

如图 1 所示可以看出，自适用模糊 PID 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值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 控制曲线在 120s 时达到稳定，而相应的模糊控制曲线 160s 达到稳定，延时为 10s 时的自适应模糊 PID 控制曲线达到稳定的速度较模糊控制曲线要快。从以上分析可以看出自适用模糊 PID 控制对风量的控制响应较快，较好的解决了系统控制的时滞性。

2 矿井通风机变频自动控制系统

通过仿真研究确定了自适应模糊 PID 控制技术后，对系统风机变频调速控制系统进行设计，本文的 PLC 控制器选定为 S7-400H 为核心控制器，利用传感器对系统的风压等参数进行采集，通过通讯模块实现控制器与变频器的数据交流，同时利用上位机实现风机数据的显示。PLC 控制器的输出电流为 10A，接口模块为 IM153，

数字量输出输入模块分别为 6ES7322-1CF0-0AA0 和 6ES7321-7BH01-0AB0, 模拟量的输入输出模块分别为 6ES7331-7KF02-0AB0 和 6ES7322-5HF00-0AB0, 与上位机采用 CP1623 通讯板卡连接。对通风机的控制程序进行设计, 程序的控制流程图如 3 所示。

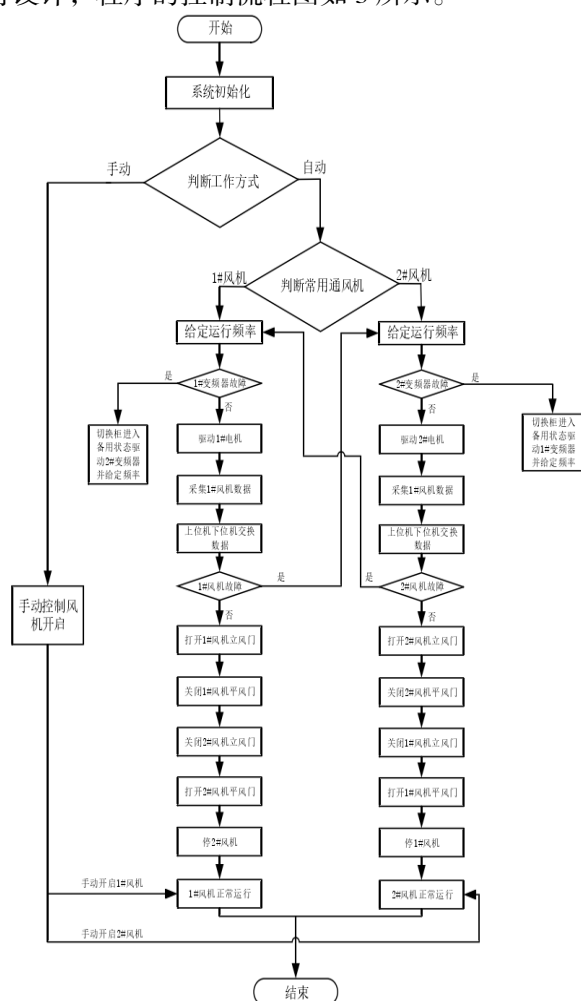


图3 程序的控制流程图

根据图 3 可以看成出, 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, 得出变频器的频率变动值, 同时为了保证控制的效果, 设定阈值为 $\pm 4\text{Hz}$, 避免调节过大造成的冲击, 实现风机风量的变频控制。

对上位机进行设计, 人机界面为人与系统交流的媒介, 其主要用于参数的显示, 同时上位机需要对风机、风门及变频器等设备的运行数据进行储存, 上位机的组态软件框架图如 4 所示。

从图 4 可以看出, 上位机的组态系统共分为 4 个部分, 分别为画面组态、脚本程序、报警设置及网络配置,

其中画面组态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。

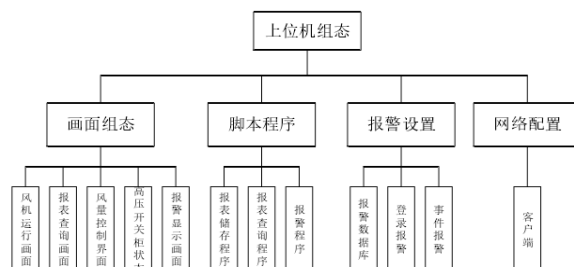


图4 上位机的组态软件框架图

对设计的变频控制系统进行应用研究, 根据实际地质情况测定的给风量 $7500\text{m}^3/\text{min}$ 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 风机变频系统达到了预期的效果。

3 结论

杜儿坪矿为保证矿井通风系统的安全稳定运行, 基于 PID 模糊控制技术原理对矿井通风机进行优化改造, 经改造后的矿井通风机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, 发现经过优化后的自适应模糊 PID 风机变频系统达到了预期的效果, 满足节约能源和适应生产的需要。

参考文献:

- [1] 宋爽, 陈军霞, 张惠荣. 基于 PLC Fuzzy-PID 控制的矿井变频通风系统 [J]. 煤矿机械, 2008(07):120-122.
- [2] 张梅. 基于模糊神经网络的 PID 控制器在矿井局部通风机调速系统中的应用 [J]. 煤矿机械, 2015,36(07):225-227.
- [3] 傅周兴, 郝帅, 刘丽卓. 矿井局部通风机智能控制系统的设计 [J]. 工矿自动化, 2009,35(08):29-32.
- [4] 高忠国, 张建娥. 矿井掘进通风智能控制系统设计及应用 [J]. 山东煤炭科技, 2013(09).
- [5] 张国建. 掘进工作面智能通风控制系统的设计与应用 [J]. 煤炭科学技术, 2008,36(05):76-79.
- [6] 陈伟. 全自动矿井通风机监测、调节系统的研究与设计 [D]. 长沙: 湖南工业大学, 2007.
- [7] 赵翱东, 陈伟佳, 陆荣. 基于智能 PID 控制的煤矿通风机通风量调节研究 [J]. 煤矿机械, 2012,33(12):69-71.