

模糊控制在矿井风机风量控制中的应用

肖爱武, 廖平, 罗智勇, 吴亮辉

(中南大学, 湖南长沙 410083)

摘要: 针对矿井风量的非线性, 时变及滞后的特点, 介绍一种适用于 PLC 的模糊控制系统, 通过 PLC 查表方式实现模糊控制的设计方法。给出了 PLC 程序设计的算法流程图及输入量量化程序、模糊控制表查询程序等关键步骤的梯形图。

关键词: 矿井风机; PLC; 模糊控制

中图分类号: TP273+.4; TP89

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)01-0085-03

Application of Fuzzy Control in Mine Air Flowrate Control

Xiao Aiwu, Liao Ping, Luo Zhiyong, Wu Lianghui

(Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: In view of the mine air flowrate's characteristics of non-linearity, and the lag, one kind fuzzy control system which is suitable for the PLC is introduced and a designing method which can realize fuzzy control through looking up the table is also given. At the same time, it provided the PLC programme algorithm flow chart and the trapezoidal chart of the key step for the input value quantification procedure, fuzzily controls scheduling inquiry procedure.

Key words: mine fan; PLC; fuzzy control

可编程逻辑控制器有可靠性高、抗干扰能力强、功能丰富等优势, 已成为自动化领域的主流控制系统。^[1]但 PLC 大都只承担如顺序控制、数据采集和 PID 反馈控制等最基本的控制功能, PID 算法控制对于一些复杂控制系统仍很难满足控制要求。

多年来, 人们在瓦斯的监测预防方面做了大量工作, 但已有的监测预防系统, 只在采掘工作面安装瓦斯风电闭锁装置, 当瓦斯超限时报警或断电, 不能实现对瓦斯浓度的连续调节, 这不适应目前矿井生产的自动化需要。模糊控制是一种智能控制方法, 不需建立被控对象的数学模型, 且构成的系统鲁棒性强, 易于实现超智能控制, 近年来在工业过程和家用电器领域广泛应用。^[2]本文以模糊控制技术和 PLC 技术为基础, 针对煤矿生产安全性要求, 设计了一种模糊风机风量控制器, 以实现矿井风机风量的智能调节。

1 硬件结构

1.1 工作原理

系统的被控对象是风机风量, 被控参数为瓦斯含量。瓦斯传感器检测到的实时、连续的模拟信号, 经过放大、模数转换后送入 PLC, 控制器根据实际瓦斯浓度值与瓦斯设定值的偏差变化率大小, 利用模糊控制算法, 经数模转换后得到控制电机转速的级数, 当瓦斯浓度值超过调节范围时, 系统及时发出报警信号, 同时实现风电闭锁, 防止事故发生。这样既可节约风机由于长期恒速运转造成的能源浪费, 同时也自动将井下的瓦斯浓度严格控制在安全范围内。

1.2 结构原理

该控制器结构见图 1, 以三菱公司 FX_{2N} 为核心, 它具有程式执行更快、控制功能更灵活等特点。利用 PLC 可存放系统的初始化程序和监控程序, 完成现场采集

收稿日期: 2007-11-07

作者简介: 肖爱武(1968-), 女, 湖南株洲人, 湖南化工职业技术学院副教授, 中南大学硕士生, 主要从事机电一体化技术研究;
廖平(1965-), 男, 江西樟树人, 中南大学教授, 硕士生导师, 主要从事机电一体化技术研究。

数据的快速处理和存储,并输出相应的控制信号,驱动报警电路和执行机构。检测电路包括信号采集和A/D转换电路;执行电路主要由D/A转换器、电机、风机组成;用户通过触摸屏输入、修改控制参数,设定运行参数,显示当前值;当瓦斯浓度超限或系统出现故障时,启动报警系统并进行机电闭锁故障处理。

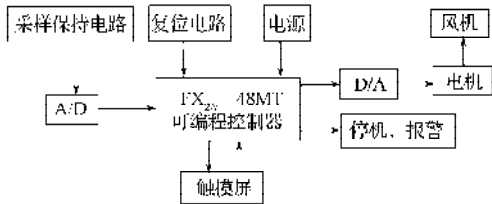


图1 风机模糊控制器结构简图

Fig.1 Air blower fuzzy controller structure

2 模糊控制系统的设计

2.1 模糊控制系统算法的确定

一维模糊控制器,只能选定瓦斯浓度的输入偏差为输入变量,不能很好地反映瓦斯变化过程的特性;二维模糊控制器,可选定瓦斯浓度的偏差及其变化率为输入变量,结构相对简单,能够较严格地反映瓦斯变化及其输出变量的动态特性^[1];三维模糊控制,结构较复杂,推理运算时间长,不能满足实现快速控制的要求;因此,本控制系统选用二维模糊控制器。该二维模糊控制器的输入变量为瓦斯浓度实测值与期望值的偏差 e 及偏差变化率 e_c ;输出变量 u 为电机运转级数的控制量。通过改变电机运转级数达到控制风机的目的。 K_e 、 K_{e_c} 、 K_u 分别为输入量 e 、 e_c 和输出量 u 的量化因子。 e 和 e_c 经过 K_e 、 K_{e_c} 量化后变为论域值 E 、 E_c ,查模糊控制表得到 U ,再经过 K_u 量化后得到精确的控制量 u 。模糊控制系统原理框图如图2所示。

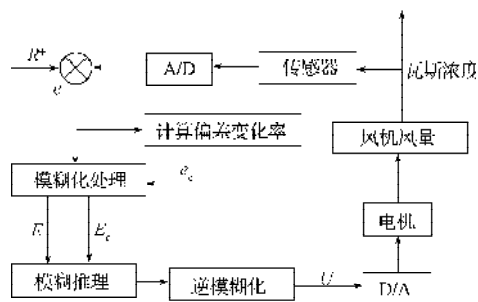


图2 模糊控制系统原理框图

Fig.2 Fuzzy control system principle

2.2 模糊规则表的建立

精确量模糊化 模糊化的主要作用是将输入的精确量转化为模糊量。其模糊变量分别为 E 、 E_c 、 U 。每个模糊变量分为5个模糊状态:负大(N_B)、负小(N_S)、零(Z_0)、正小(P_S)、正大(P_B),论域量化为5级: $\{-2, -1, 0, +1, +2\}$ 。隶属度函数取为三角形分布,

量化值经模糊语言变量隶属度函数得到模糊量。

确定控制规则 模糊控制规则是模糊控制的核心,它具有模拟人的基于模糊概念的推理能力,其实是总结控制经验,进而得出模糊条件语句,使系统输出响应的动态特性和静态特性都达到最佳。例如:当偏差 E 为负大(N_B),偏差的变化 E_c 也为负大(N_B)时,为了消除偏差就要加大风量,控制量 U 就应取正大(P_B)。即控制规则为IF $E=N_B$ AND $E_c=N_B$ THEN $U=P_B$ 。

模糊推理 隶属函数为三角形隶属函数,通过隶属函数可方便地求得输入语言变量的赋值表,结合现场实际情况和人的经验对控制表进行微调。实际应用的模糊控制表如表1所示。

表1 模糊推理控制表

Table 1 Fuzzy reasoning control list

U	E				
	N_B	N_S	Z_0	P_S	P_B
N_B	2	2	2	1	1
N_S	2	1	1	0	0
Z_0	1	0	0	0	-1
P_S	0	0	-1	-1	-2
P_B	-1	-1	-2	-2	-2

模糊量清晰化 输出清晰化即去模糊,本设计采用加权平均法进行清晰化计算,既突出了主要信息也兼顾了其它信息,符合最优输出要求。但每次采样经模糊计算得到的这一控制量不能直接控制对象,还必须将其转换到控制对象所能接受的实际论域中,为此引入比例因子 K_u ,控制量乘上它即得到最终的实际控制量,并将它送给执行机构,对被控对象进行第1步控制,然后中断等待第2次采样,进行第2步控制。

3 基于PLC的模糊控制实现

3.1 程序设计流程图

本方案采用的PLC以三菱公司的FX_{2N}PLC作为控制器。其模糊控制算法流程如图3所示:首先将模糊化过程的量化因子 K_e 、 K_{e_c} 和 K_u 参数置入PLC保持寄存器中,变量偏差 e ,偏差变化率 e_c 置入寄存器的 D_0 和 D_1 ,先经过限幅处理,再按给定量因子量化并对应到模糊集论域中的相应元素,将 e 和 e_c 在模糊论域中所对应的元素置入 D_2 和 D_3 ,由此查询模糊控制量表。根据离线计算好的模糊控制量表,可得到控制输出量 U ,再乘以相应量化因子即可得到当前控制量的实际值 u 。

用PLC编程时,因为PLC对无符号数的处理比对有符号数的处理要简单得多,本文在量化后的论域元素上再加一个偏移量2,这样不仅量化后的论域元素存放方便,同时也便于模糊控制表的实现。这样模糊控制查询表中的控制结果按由上到下,由左到右的顺序置入寄存器 $D_{300} \sim D_{324}$ 。

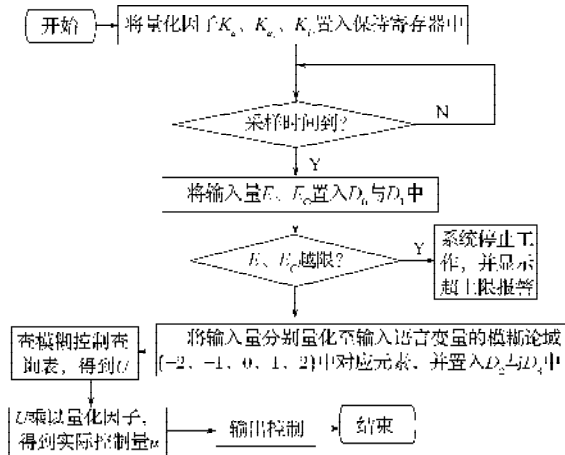


图3 模糊控制算法流程图

Fig. 3 Fuzzy control algorithm flow

3.2 关键步骤梯形图程序设计

在模糊控制算法中, 模糊控制量表的查询是程序设计的关键, 本文采用基址 + 偏移地址寻址的设计方法, 由于控制结果按由上到下, 由左到右的顺序依次置入 D_{300} 开始的数据寄存器, 控制量的基址就是 300, 其偏移地址为 $E_c \times 5 + E$, 所以根据 E_c 与 E 最终得到的控制量地址 $300 + E_c \times 5 + E$, 图 4 给出了寻址方式模糊控制的查表梯形图, 其中的 $MOV D_{21} D_{100}$ 为间接寻址指令, 它将 D_{21} 的内容 (即控制量的地址 $300 + E_c \times 5 + E$) 作为被传递单元的地址, 将这个指定单元的内容 (即控制量) 传递给中间单元 D_{100} , 再通过解模糊运算得 u 。例如: 当瓦斯尝试偏差为正小 PS_s , 偏差变化率为负大 N_B 时, $E=+1, E_c=-2$, 转换为 $E=3, E_c=0$ 。偏移地址为 $E_c \times 5 + E = 0 \times 5 + 3 = 3$, 控制量 U 的地址为 $300 + E_c \times 5 + E = 303$, 通过间接寻址指令将 D_{303} 中的内容 +1 传给中间单元 D_{100} , 再通过解模糊运算得出控制量 u 。

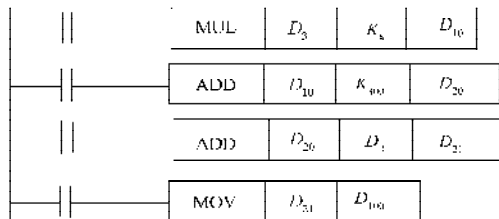


图4 模糊控制量表查表梯形图

Fig. 4 Fuzzy control quantity table of trapezoidal chart

4 实验验证与结果分析

为验证系统的软硬件功能, 在充分研究现场状况后, 针对系统现场工作条件下可能出现的情况做了模拟实验, 现场综合控制器实验板如图 5 所示。现场控制器的主要作用是监测掘进巷道 3 处的瓦斯浓度和局部通风系统电气子系统的故障信号, 通过控制通风机电机的转速来实现风量的变换^[4], 通过控制断电器的通断来实现风电闭锁、瓦斯电闭锁。远传的传感器信

号一般为 4~20 mA 的电流信号^[5], 实验中通过电位器模拟转换后的 2 路电流信号作为瓦斯传感器的电流信号, 其中 1 号信号表示进风巷采集的瓦斯浓度信号, 2 号表示工作面采集的瓦斯浓度信号。

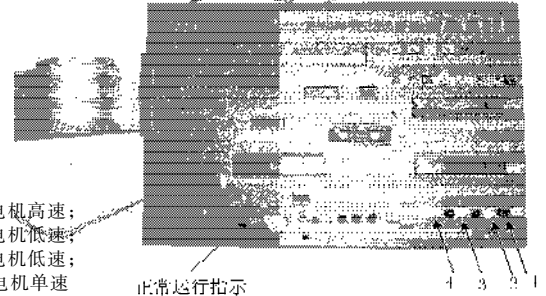


图5 风量调整实验结果 (2级风输出)

Fig. 5 Amount of wind adjustment experiment result

根据通风系统功能与运行状态将实验分为 3 种情形: 风机风量控制、瓦斯超限闭锁与报警、系统故障报警与诊断, 在此主要介绍风机风量调节实验。该实验主要验证掘进工作面瓦斯浓度或回风口瓦斯超报警浓度条件下风量自动控制, 结果见图 5。当调整 2 号电位器使输入瓦斯浓度超过 1.0%, 表示工作面的瓦斯浓度大, 这时电动机的转速达最大, 为 1440 r/min 左右, 与预期结果一致, 说明风机风量控制功能达到要求。

5 结语

本智能风机控制器能根据瓦斯浓度决定风机输出风量, 控制瓦斯浓度, 实现风机风量的智能调节。该风机接线简单, 容易检修, 且可在不断电的情况下检修开关; 1 台工作, 1 台热备, 在工作风机出现问题时, 备用风机可自动投入工作; 同时实现对电机过载、断相、短路、漏电闭锁和风电时等保护功能; 具备各种故障显示和远程通讯功能。本风机控制器已拟由湘潭平安电机有限公司投入生产。

参考文献:

- [1] 高钦和. 可编程控制器应用技术与设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [2] 孙增. 智能控制理论与技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] 杨纶标, 高英仪. 模糊数学原理与应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.
- [4] 王福泉, 郝启旺. 变频技术在空压机上的应用[J]. 电机技术, 2002(3): 35-36.
- [5] 刘振华, 何将三, 廖平, 等. 机械电子学[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999.

(责任编辑: 廖友媛)