

文章编号: 1005 - 0523(2010)02 - 0078 - 04

基于 PLC 的烧结炉温度控制

石晓瑛, 许智榜

(华东交通大学 电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 基于 PLC 的温度控制系统以三菱 FX_{2N} 型 PLC 为控制核心, 由扩展模块 FX_{2N}-4AD-TC, FX_{2N}-2DA, 热电偶组成。根据已经建立的模糊语言变量赋值表和模糊控制规则, 进行模糊推理和模糊判决, 建立离线的模糊控制查询表, 并给出电阻炉温度模糊控制的相关程序。采用 Fuzzy-PID 复合控制, 系统同时获得良好的动态性能和稳态性能。

关键词: 模糊控制; Fuzzy-PID 复合控制; FX_{2N}-4AD-TC; FX_{2N}-2DA

中图分类号: TP273.4

文献标识码: A

可编程控制器(PLC)作为新型的自动化控制装置以其高可靠性和编程灵活方便而深受广大技术人员的欢迎。PLC 内部含有多种运算指令, 通过指令可进行各种运算, 可完成 16 位或 32 位整数运算和浮点数运算。利用 PLC 不仅可实现对输入和输出继电器的开关量控制, 而且通过加装 A/D、D/A 转换模块, 完成温度数据采集并产生模拟输出控制信号来控制可控硅模块的导通量而实现对温度的控制。本文使用三菱 FX_{2N} 系列扩展模块 FX_{2N}-4AD-TC, FX_{2N}-2DA 设计基于 PLC 温度控制系统, 使 PLC 摆脱只能处理逻辑量的限制, 既发挥 PLC 的可靠、灵活、适应性强的特点, 也大大提高控制系统的智能化程度^[1]。

1 控制策略

烧结炉温度是一个具有大滞后和时变性的控制对象, 采用传统的 PID 控制方法, 控制系统存在较大的超调量和较长的调节时间。模糊控制作为新兴的智能控制方式得到快速发展。模糊控制(FUZZY)由模糊控制器模拟人的思考判断方法, 将人的经验控制策略改写为模糊控制规则, 特别适用于具有非线性、大滞后、强耦合特性的复杂系统。

模糊控制器以系统偏差 e 和偏差变化 Δe 作为输入变量, 基本结构如图 1 所示。偏差 $e = r - y$, r 为被控对象的给定值, y 为实测值, 偏差变化率 $\Delta e = e_i - e_{i-1}$, 其中 e_i, e_{i-1} 分别为当前时刻和前一个采样时刻的偏差。 $E, \Delta E$ 分别为偏差 e 、偏差变化率 Δe 经过模糊量化后得到的量化输入, U 为模糊控制算法得出的模糊控制输出量, U 解模糊化后得到实际输出 u ^[2]。

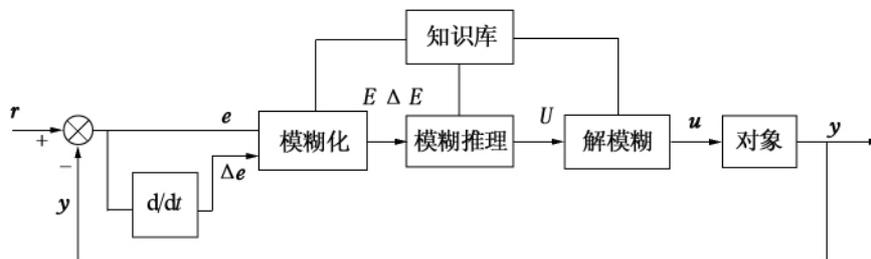


图 1 模糊控制器结构

模糊控制的鲁棒性好, 对纯滞后及被控对象的参数的变化不敏感, 系统可以获得良好的动态性能, 但

收稿日期: 2009 - 11 - 20

作者简介: 石晓瑛(1973 -), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为智能控制。

是模糊控制器是以系统偏差 e 和偏差变化 Δe 作为输入变量, 缺少积分控制, 容易产生稳态误差。为了满足工业现场快速、稳定的温度控制要求, 将模糊控制与 PID 控制结合, 采用 Fuzzy - PID 复合控制, 通过设定阈值, 进行积分分离如图 2。其主要设计思想是: 当偏差值 $e(t) > \beta$ (阈值) 时采用 PD 模糊控制, 而当 $e(t) < \beta$ (阈值) 时切换到 PID 控制, 消除静差, 提高控制精度^[3]。

2 系统硬件结构

基于 PLC 的温度控制系统以三菱 FX-2N 型 PLC 为控制核心, 由 PLC 输入、输出扩展模块, 热电偶, 双向晶闸管、移相触发控制等组成, 系统结构如图 3 所示。PLC 通过 FX_{2N}-4AD-TC 和 J 型热电偶, 读取电阻炉温度。调用控制子程序, 得到控制量存入数据寄存器中, 经 FX_{2N}-2DA 输出 0~10 V 电压值, 与锯齿波进行比较, 产生触发信号, 使双向晶闸管导通。

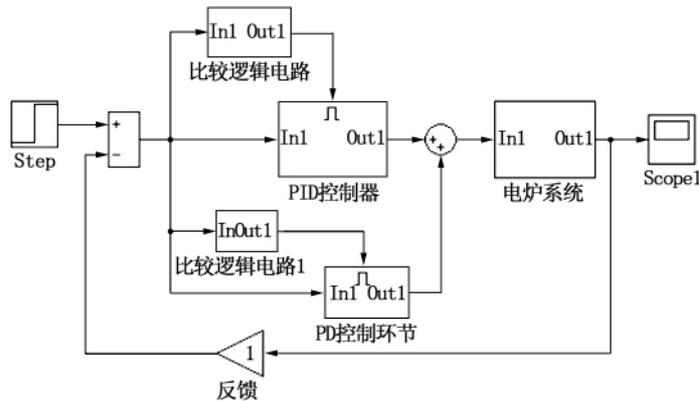


图 2 烧结炉温度控制系统模型

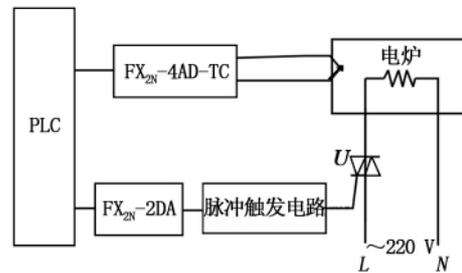


图 3 PLC 温控系统硬件结构图

3 系统软件设计

3.1 主程序

PLC 内部含有 PID 运算命令, 为利用 PID 进行温度控制提供了很大方便。在使用 PID 指令之前, 要对输出上、下限、比例系数 K_p 、 T_I 、 T_D 和采样周期 T_s 进行参数设置。PLC 温度控制系统主程序流程如图 4 所示。首先开机设定各个参数初始值, 定时采样时间(设为 1 s)到, 读取温度值存入 PLC 的数据寄存器 D100, 计算误差 e 和变化率 Δe , 分别存入 D110 和 D111 中。当偏差值 $e(t) > \beta$ (阈值) 时采用 PD 模糊控制, 而当 $e(t) < \beta$ (阈值) 时切换到 PID 控制, 输出控制量存入 D120。

3.2 PLC 模糊控制

模糊控制器包括输入量模糊化、模糊控制规则推理和解模糊 3 个部分。在模糊控制器中, 首先确定连续变量的变化范围, 然后确定离散论域, 得到离散论域上的输入变量 E 和 ΔE 。 e 的基本论域取值为 $[-30, 30]$ 将基本论域区间值量化为离散区间 $[-2, 2]$ 的元素。为了方便建立查询表, 增加一个偏移量 2。采用同样方法对 Δe 进行离散论域转化。

输入变量 E 和 ΔE 的模糊词集为 {NB, NS, O, PS, PB}, 分别表示负大 (NB)、负小 (NS)、零 (O)、正小 (PS)、正大 (PB) 5 个模糊量。模糊量的隶属函数为方波。模糊控制规则采用最大隶属函数法, 其推理一般形式为: IF E is x AND ΔE is y THEN U is z 。式中 x, y 分别为输入量模糊词集中的元素。控制器输出 z 表示双向晶闸管的触发控制角, FX_{2N}-2DA 输出电压 0~10 V 对应的数字量为 0~4 000, 故输出采用 7 个点分别为 0, 667, 1 333, 2 000, 2 667, 3 333, 4 000, 对应触发控制角 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180° (与最大值为 10 V 锯齿波进行比较, 从而得到控制角度)。根据已经建立的模糊语言变量赋值表和模糊控制规则, 进行模糊推理和模糊判决, 建立离线的模糊控制查询表, 如表 2 所示^[4]。

表1 将输入 e 量化为离散论域元素

e	E
≤ -30	-2
$-30 \sim -10$	-1
$-10 \sim 10$	0
$10 \sim 30$	1
≥ 30	2

表2 模糊控制查询表

E	ΔE				
	PB	PS	0	NS	NB
PB	667	0	0	0	0
PS	667	667	1 333	1 333	1 333
0	1 333	2 000	2 000	2 000	2 000
NS	2 667	2 667	2 667	3 333	3 333
NB	4 000	4 000	4 000	4 000	3 333

将建立的离线模糊控制查询表,按照一定的规律将其存放在 D200 开始的 25 个寄存器中。利用比较指令与预设值进行比较,将 e 和 Δe 量化至模糊控制论域中对应元素存入 D115 和 D116,采用基址+偏移地址寻址的方法,读取查询表对应值得到输出控制量。模糊控制查询程序如图 5 所示。

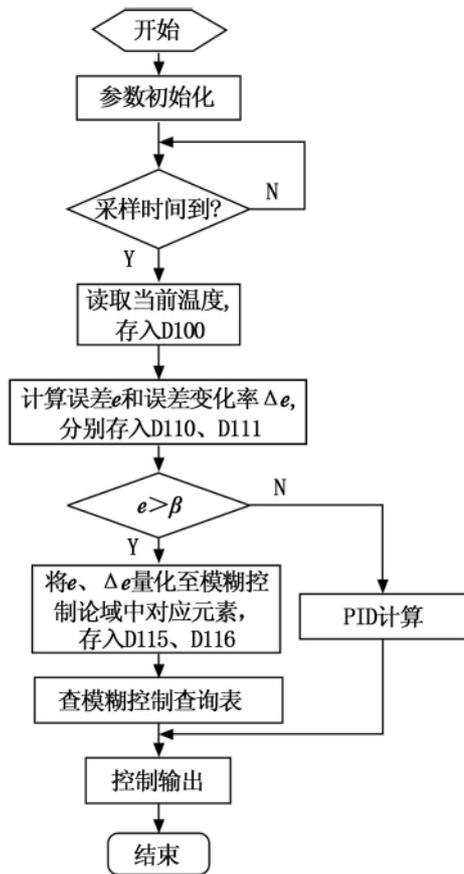


图4 Fuzzy-PID 控制流程图

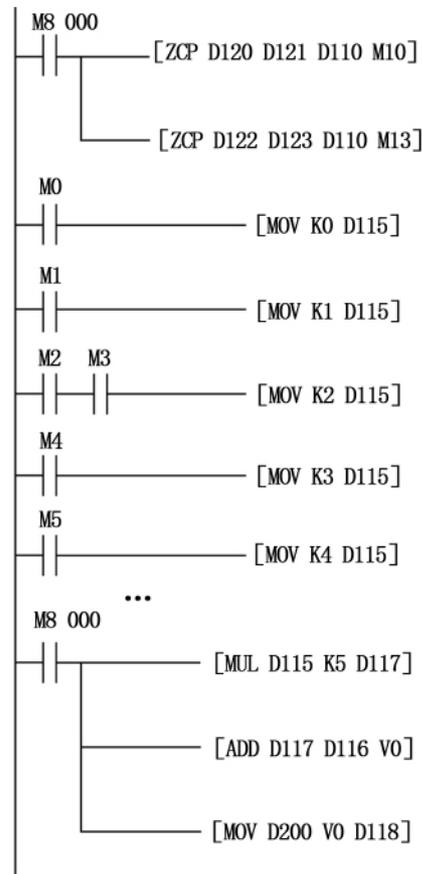


图5 模糊控制查询表查询梯形图

4 结束语

通过积分分离进行 Fuzzy-PID 复合控制,当被控量与设定值偏差较大时,取消积分作用,以免由于积分作用使系统稳定性降低,超调量增大;当被控量接近给定值,再引入积分控制,以便消除静差,提高控制精度。采用复合控制使系统获得较好的动态和静态特性。

参考文献:

- [1] 俞红卫. 一种 PID 控制与模糊控制相结合的智能温度控制系统[J]. 上海应用技术学院学报, 2007, 7(2): 106-109.
- [2] 汪小澄, 方强. 基于 PLC 的模糊控制研究[J]. 武汉大学学报, 2002, 35(3): 79-80.
- [3] 熊伟丽, 徐保国, 肖应旺. 基于 PLC 的 Fuzzy-PI 发酵温度控制系统[J]. 计算机工程, 2005, 31(9): 207-209.

- [4] 刘建辉, 冀常鹏. 单片机智能控制技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007. 4.
- [5] 韩兆祥, 李学英, 万鑫, 等. 利用 PLC 和触摸屏实现多阶段 PID 温度控制 [J]. 实验技术与管理, 2008, 25(6): 56-59.
- [6] 王志凯, 郭宗仁. PLC 实现模糊控制的两种设计方法 [J]. 中国仪器仪表, 2002(1): 4-6.

Furnace Temperature Control System Based on the PLC

Shi Xiaoying, Xu Zhibang

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on the PLC temperature control system, which is composed of the input/output expansion module FX2N-4AD-TC, FX2N-2DA, the thermo-element, mainly takes Mitsubishi FX2N PLC as the control core. According to fuzzy language variable assignment table which is already established and fuzzy control rule, the fuzzy reasoning and the fuzzy decision are conducted to establish the off-line the fuzzy control query table, and give the resistance furnace temperature fuzzy control procedures. Using Fuzzy-PID compound control, the system gets a good dynamic performance and steady performance.

Key words: FUZZY control; Fuzzy-PID compound control; FX2N-4AD-TC; FX2N-2DA

(责任编辑 王建华)

(上接第 70 页)

- [5] 西沃赖克 D P. 可靠系统的设计理论与实践 [M]. 袁由光, 译. 北京: 科学出版社, 1988.
- [6] 赵志熙. 计算机联锁系统技术 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
- [7] 赵志熙. 车站信号控制系统 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992.
- [8] 陈杰. 基于仿真技术的铁路计算机联锁培训系统的研究 [J]. 微型电脑应用, 2003, 19(5): 11-13.

An Analysis of Reliability and Safety of Computer Interlocking System Based on TMR

Zhan Zicai

(School of Mechanical and Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper analyzes reliability and safety of computer interlocking system, which can instruct interlocking system in rail application. Based on Markov model and taking into account of failure covering, this paper discusses in detail reliability and safety of TRM computer interlocking system. The quantitative expression for reliability and safety of the system is given. Its reliability, safety and practical application under normal circumstances is analyzed and conclusion of safe simulation is drawn.

Key words: TMR system; state-transfer; failure; safety

(责任编辑 刘棉玲)