

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.12.028

基于模糊PID控制的起爆具生产线温度控制系统

王越胜, 洪世杰

(杭州电子科技大学 信息与控制研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了提高起爆具生产线中浇注锅温度的控制精度, 以提高起爆具产品的质量, 分析了起爆具生产线中浇注锅温度控制系统的组成, 将模糊控制和常规PID控制结合起来, 设计出了模糊PID控制器, 通过以往对浇注锅温度控制的经验, 制定出了PID 3个参数的模糊控制规则表, 最后将模糊PID控制算法通过可编程逻辑控制器(PLC)编程来实现; 在Matlab中的Simulink工具箱里搭建了模糊PID控制器和常规PID控制器模型, 并对这两个控制器进行了仿真比较。研究结果表明, 相对于常规PID控制器, 模糊PID控制器具有更好的调节精度。该系统在生产线中的实际运用结果显示, 模糊PID温度控制器效果较好, 达到了预期的温度控制要求; 系统适用于起爆具生产线中浇注锅的温度控制, 对提高起爆具产品质量和生产效率具有一定的意义。

关键词: 起爆具; 模糊控制; PID; 温度控制; PLC

中图分类号: TP273 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)12-1569-04

Temperature control system for booster production line based on fuzzy PID control

WANG Yue-sheng, HONG Shi-jie

(Institute of Information and Control, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to improve the control accuracy of pouring pot temperature in booster production line and the quality of booster product, the components of pouring pot temperature control system in booster production line were analyzed. The fuzzy control and conventional PID control were combined together, then a fuzzy PID controller was designed. Through the past experience of pouring pot temperature control, the fuzzy control rule table of the three parameters of PID was formulated. Finally the fuzzy control algorithm was realized by the programming of programmable logic controller. Moreover, simulation comparison between the fuzzy PID controller and conventional PID controller was made in Simulink toolbox in Matlab. The results indicate that compared with conventional PID controller, the fuzzy PID controller has better regulation precision. Applied to the actual production line, the results indicate that fuzzy PID control is better, achieve the desired temperature control requirements, which is applicable to temperature control of pouring pot in booster production line and has great significance for improving the quality of primer product and production efficiency.

Key words: booster; fuzzy control; PID; temperature control; PLC

0 引言

起爆具是用于引爆钝感炸药的爆破器材, 广泛应用于各类矿山爆破作业中^[1]。目前, 国内外的起爆具生产线普遍存在自动化程度低、安全性差等问题^[2]。起爆具的国内、外市场需求还在不断增加, 提高生产效率和产品质量刻不容缓^[3]。在起爆具生产线中, 浇

注锅的温度控制是影响起爆具产品质量的关键因素, 不同温度下制成的起爆具, 其起爆感度、爆速、猛度都会不同, 这些指标也是衡量起爆具传爆效能的重要指标^[4]。由于起爆具浇注锅温度控制的数学模型的不确定性和浇注过程中的非线性、慢时变、迟滞等特性^[5], 传统的PID控制已不能胜任。

本研究主要是将模糊控制和常规PID控制策略结合起来, 通过设计模糊PID控制器来控制起爆具生产

收稿日期: 2013-07-19

作者简介: 王越胜(1964-), 男, 浙江台州人, 教授级高级工程师, 主要从事生产过程综合自动化方面的研究。E-mail: hzys2002@126.com

线中浇注锅的温度,并提高浇注锅温度的控制精确性,同时通过PLC来对浇注锅温度进行控制。

1 浇注锅温度控制系统

1.1 系统组成

该系统由PLC、模糊PID控制、输出控制及测温模块构成,如图1所示。

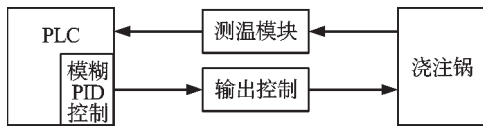


图1 PLC温度控制系统

系统主要以浇注锅为控制对象,由PLC进行控制。首先通过温度传感器将浇注锅的当前温度转换成4~20 mA的电流信号输入PLC的模拟量输入模块,经过PLC处理后作为模糊PID控制的输入量,用模糊PID算法得到输出的控制量,用于控制蒸汽阀的开度来控制蒸汽流量,从而实现对浇注锅温度的控制。要取得较好的控制效果,一方面温度测量要准确,另一方面温度控制方法要合理,两者缺一不可。

1.2 温度测量

要保证温度测量的准确性,选择合适的温度传感器很重要。根据起爆具的生产工艺要求(温度要求控制在85℃±4℃),温度传感器选择Pt100铂电阻温度测量变送器,该传感器主要用在医疗、电机、工业、温度计算、卫星、气象、阻值计算等高精温度设备。考虑到炸药生产过程的安全性,所以需要隔爆处理。最终笔者选择防爆型Pt100铂电阻温度变送器。

1.3 PLC的选择

PLC的生产厂家和类型非常多。其中西门子公司推出的SIMATIC S7系列PLC依靠其强大的功能、极快的处理速度和良好的稳定性在全球工业控制领域广泛推广。S7系列PLC有S7-200、S7-300、S7-400 3个系列,本研究选择S7-300。无论在处理速度上、输入/输出点数上还是在通讯功能上,皆能完全满足控制要求。而且S7-300易于实现分布,易于用户掌握,是目前国内应用较多的PLC产品。

1.4 阀门定位器

PLC模拟量输出的电流范围是4~20 mA,故选用斯派莎克EP5阀门定位器。EP5阀门定位器是两线制回路供电定位器,需要4~20 mA的控制信号,而且斯派莎克EP5阀门定位器具有性能稳定、操作方便等优点。阀门定位器对来自PLC的信号和阀的实际位置进行比较,相应地改变至执行器的气动输出信号,实

现控制蒸汽阀门的开度大小。

2 浇注锅温度模糊PID控制的实现

2.1 模糊PID控制原理

传统PID控制器参数整定后, K_p 、 K_i 和 K_d 3个参数就固定不变了。工业控制现场环境中无时无刻都存在干扰,所以常规PID就不能很好的控制被控对象了。由于模糊算法能很好地控制非线性、时变、滞后等对象,于是就出现了将模糊控制和常规PID控制结合起来的模糊PID控制^[6]。该控制方式利用模糊控制基本理论,把模糊控制规则等信息存入到计算机数据库,并在线对PID控制器的3个参数进行调整。起爆具浇注锅的温度控制系统如图2所示。

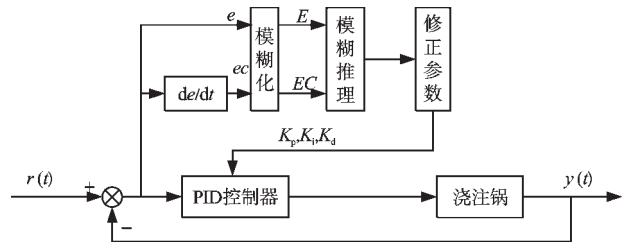


图2 模糊PID控制系统

该模糊PID控制器为二输入、三输出的结构,输入为浇注锅的温度偏差 e 和其变化率 ec , 输出量是 K_p 、 K_i 和 K_d 。

2.2 模糊PID控制算法

模糊PID控制过程包括以下3部分^[7-8]:

- (1) 模糊化:将输入变量(温度偏差和温度偏差变化率)的精确值变换成其对应论域上的模糊集;
- (2) 模糊PID控制器参数调节规则确定:模仿人思维特征,根据专家知识或控制经验取得的模糊控制规则进行模糊推理,决策出模糊输出控制量;
- (3) 反模糊化:对经模糊逻辑推理所得的模糊控制量进行模糊表决,把输出的模糊量转化为精确量,作用于被控对象。

本研究将浇注锅的温度偏差 e 和其变化率 ec 作为输入量,选用语言变量为{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB},将输入变量化为13档{-6,6},输出 K_p 、 K_i 和 K_d 的语言变量为{ZE, S, M, B, VB},将输出变量化为9档{0,8},隶属函数均取三角型隶属函数^[9],采用49条规则。根据输入语言变量赋值表和对 K_p 、 K_i 和 K_d 的参数调整规则制定规则表如表1所示。

2.3 仿真实验

控制对象的数学模型^[10-11]:

$$G(s) = \frac{2.482s - 9.421}{s^2 + 1.146s + 52.75} e^{-5s}$$

本研究在 Matlab 的 Simulink 环境里搭建模糊 PID 控制器和传统 PID 控制器的系统模型,如图 3 所示,仿

真结果如图 4 所示。

图 4 中,虚线是传统 PID 控制曲线,实线为模糊

表 1 PID 3 个参数模糊规则表

$K_p / K_i / K_d$	EC						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
E	NB	VB/ZE/ZE	VB/ZE/ZE	VB/ZE/ZE	VB/ZE/S	VB/ZE/ZE	VB/ZE/VB
	NM	VB/ZE/ZE	VB/ZE/ZE	VB/ZE/ZE	VB/ZE/S	VB/ZE/M	VB/ZE/B
	NS	B/ZE/ZE	B/ZE/ZE	B/ZE/ZE	B/ZE/ZE	B/ZE/S	B/ZE/M
	ZE	M/M/M	M/S/M	M/S/S	M/ZE/ZE	M/ZE/ZE	S/M/ZE
	PS	S/S/B	S/M/M	S/M/S	M/M/ZE	M/M/S	M/M/M
	PM	B/M/ZE	B/B/ZE	B/B/ZE	B/B/ZE	B/B/S	B/B/S
	PB	VB/VB/ZE	VB/VB/ZE	VB/VB/ZE	VB/VB/ZE	VB/VB/ZE	VB/VB/ZE

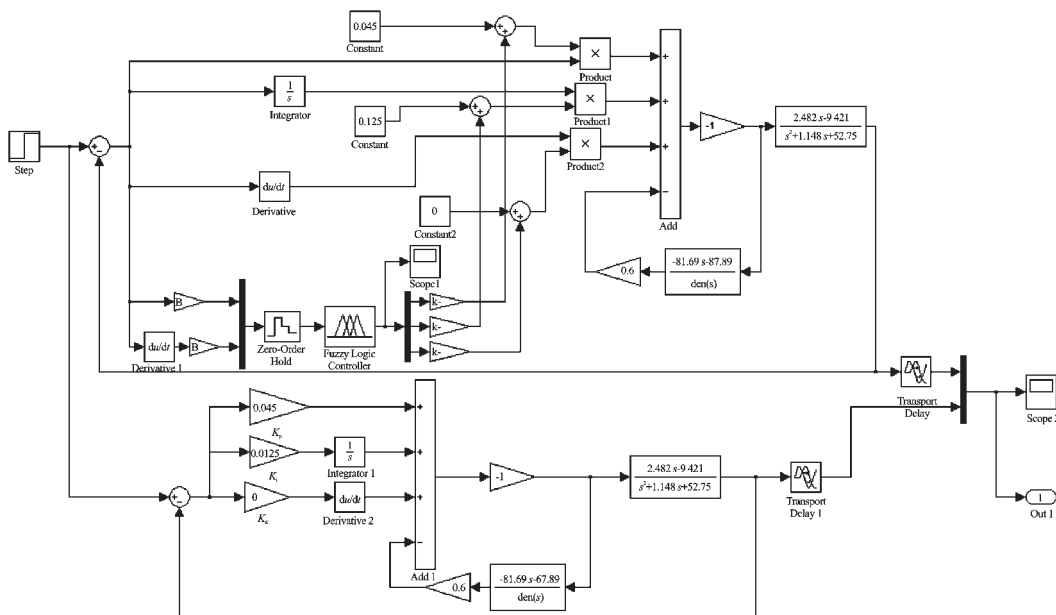


图 3 系统模型搭建

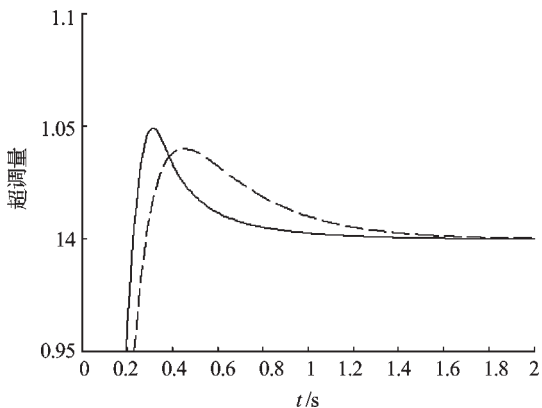


图 4 仿真结果曲线

PID 控制效果曲线,从图 4 中可看出超调量方面,模糊 PID 约为 0.047,常规 PID 约为 0.04;上升时间方面,模糊 PID 约为 0.22 s,常规 PID 约为 0.28 s;超调调整时间方面,模糊 PID 约为 0.8 s,传统 PID 约为 1.1 s。仿真结果表明,当模糊 PID 和常规 PID 运用于起爆具生产线

中浇注锅的温度控制时,模糊 PID 在上升时间上小于常规 PID,在超调调节时间上也小于传统 PID。由此可以看出,浇注锅模糊 PID 温度控制系统较常规的控制

2.3 浇注锅温度模糊PID控制在 PLC 中的算法实现

在起爆具生产现场,由温度传感器测得实时温度值,该值经过 A/D 转换传送给下位机,下位机计算出温度偏差值 e,并将偏差值传至模糊控制器,模糊控制器根据模糊规则计算出 K_p 、 K_i 和 K_d 的值,最终将 K_p 、 K_i 和 K_d 传送给 FB41(PID 模块)中的 Gain、 T_i 和 T_d ,由 FB41 完成控制作用,其控制流程如图 5 所示。

3 实验结果

本研究将模糊 PID 控制算法应用到实际起爆具生产线中浇注锅的温度控制系统中进行实验验证,浇注锅不同时刻的实际温度如表 2 所示。

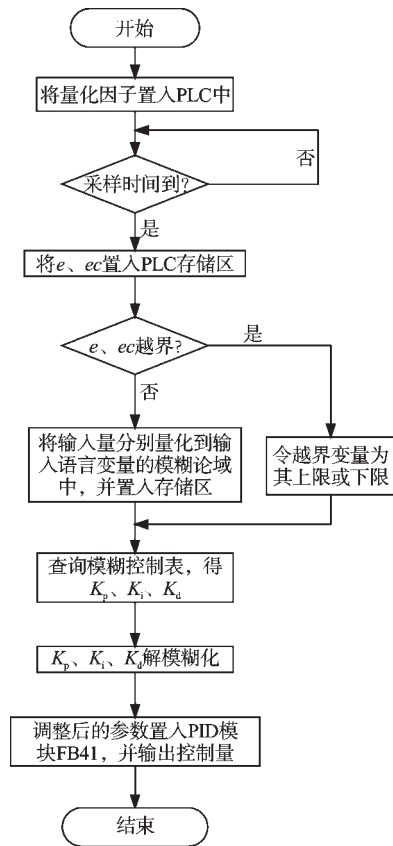


图5 模糊PID控制程序流程

表2 浇注锅温度时刻表

时间	表显示温度值/℃	锅内测点温度/℃
08:00	13.5	15.7
09:00	32.6	36.4
10:00	55.8	58.9
11:00	64.3	66.7
12:00	76.7	79.2
13:00	87.6	90.3
14:00	82.5	84.8
15:00	88.4	91.2
16:00	81.9	84.5
17:00	87.7	89.5
18:00	83.6	85.3

表2数据是该起爆具生产线试运行一天内各个时刻测得的浇注锅温度值,温度值是被设定为85℃,温度上限设定为95℃。从表2中可看出:升温过程比较均匀,在未达到设定值附近时,每小时升温11℃左右,过渡比较平稳,系统经过约4.5h后进入稳态;在达到设定值85℃附近时,温度的浮动范围较小,最高偏差

为-3.1℃,保温阶段较为理想,达到了控制精度要求;温度峰值未超过95℃,未发生超温故障。

实验结果表明,应用模糊PID控制的浇注锅温度控制效果良好,达到了预期的温度控制要求。证明了模糊PID控制器能够很好地胜任该起爆具生产线的温度控制。

4 结束语

本研究介绍了工业炸药起爆具生产线中的温度PID控制方案(模糊PID的温度控制方案),并在Matlab/Simulink中对模型进行仿真验证,仿真结果表明,浇注锅模糊PID温度控制系统较常规的控制系统的响应速度比较快。最后,笔者将其运用到实际系统中进行验证,实验结果表明,应用模糊PID控制的浇注锅温度控制效果良好,达到了预期的温度控制要求,证明了模糊PID控制器能够很好地胜任该起爆具生产线的温度控制。

参考文献(References):

- [1] 任务正. 火炸药理论与实践[M]. 北京:中国北方化学工业出版社,2001:34-35.
- [2] 刘曙光,王志宏,费佩燕,等. 模糊控制的发展与展望[J]. 机电工程,2000,17(1):9-11.
- [3] 燕吉胜. 一种高能起爆具制备工艺研究[J]. 含能材料,2010,19(1):76-78.
- [4] 张松兰. 自适应模糊控制器设计[J]. 自动化技术与应用,2009,28(2):12-14.
- [5] 王越胜,王 俊. 起爆具生产线中的温度PID控制方案设计[J]. 杭州电子科技大学学报,2012,32(4):159.
- [6] 陶永华. 新型PID控制及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2002:101-102.
- [7] 彭 斐. 恒温培养箱的模糊控制[J]. 机电工程,2009,26(4):84-86.
- [8] 乡碧云,皮云云. 基于模糊PID在饼干生产线温度控制的研究[J]. 机电工程技术,2013,42(6):18-21.
- [9] 李中宁. 基于MATLAB的锅炉水位模糊控制系统的设计与分析[D]. 长春:长春理工大学电子信息工程学院,2008:18-21.
- [10] MAHSEREDJIAN J, ALVARADO F. Creating an electromagnetic transients program in MATLAB[J]. IEEE Tran. on Power Delivery, 2004(12):380-388.
- [11] 石辛民,郝整清. 模糊控制及其Matlab仿真[M]. 北京:清华大学出版社,2008.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

王越胜,洪世杰. 基于模糊PID控制的起爆具生产线温度控制系统[J]. 机电工程,2013,30(12):1569-1572.

WANG Yue-sheng, HONG Shi-jie. Temperature control system for booster production line based on fuzzy PID control[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013, 30(12):1569-1572.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>