

研究与开发

基于模糊算法的胶黏剂生产过程温控器设计

廖迎新

(中南林学院电子与信息工程学院, 长沙 410004)

摘要: 针对大惯性、纯迟延、非线性、时变的胶黏剂生产过程, 引入智能控制技术, 提出了模糊 Smith 预估控制方法。文中对模糊 Smith 预估控制原理、系统结构和实现等进行了详细的介绍, 最后给出了仿真结果。

关键词: 胶黏剂; 模糊算法; Smith 预估控制

中图分类号: TQ430.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2004)06-0016-03

A Design for a Temperature-controller Based on Fuzzy Algorithm for an Adhesive Preparation Process

LIAO Ying-xin

(School of Electron and Information Engineering, Central South Forestry University, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: The preparation of an adhesive is a lengthy, nonlinear and time-varying process with big inertia and pure delay. The author designed an intelligent control system by combining Smith pre-estimate control with fuzzy logic to help understand and develop better control of the process. The theory of Smith pre-estimate control, its structure and application, are presented in this paper. The simulation results indicate this control system is efficient and can be adopted in an adhesive preparation process.

Key words: Adhesive; Fuzzy algorithm; Smith pre-estimate control

我国人造板生产厂家众多, 胶黏剂大多自行生产, 生产过程由人工控制, 加之生产设备落后, 胶黏剂的质量极不稳定, 有时还会因引发凝胶、冲罐事故, 造成停产, 经济损失严重。因此, 企业迫切需要先进的制胶控制技术。

目前, 工业过程多采用比例微积分(PID)控制, 控制器设计简单, 控制精度高, 但前提是被控对象具有精确的线性时不变数学模型, 且是无迟延的。而胶黏剂生产过程机理复杂, 存在较大的随机干扰、非线性、时变、严重的热惯性和热滞后等特性, 其精确数学模型难以建立, 仅采用 PID 控制很难获得好的控制效果。模糊控制不需要被控对象的精确数学模型, 可

根据专家和操作工人的控制经验即能完成控制器的设计。本研究基于模糊算法, 设计适用于胶黏剂生产过程的温度控制器。

1 胶黏剂生产工艺

目前制胶常用工艺流程有 3 种: 间歇法、预缩合间歇法和连续法。我国普遍采用间歇法。间歇法工艺流程为单釜反应, 将所需原料按比例加入反应釜内, 然后按设定的工艺条件进行反应, 直至形成初期树脂后冷却放料。这种工艺流程的优点是可以根据需要随时变换操作条件, 灵活性大, 适用于多品种生产。

在制胶生产过程中, 温度的变化是反映化学反应是否正常的重要操作参数。温度的测量和控制是保证反应过程正常、安全运行的重要环节。

反应釜温度控制原理: 将有不锈钢保护套管的铂

收稿时间: 2004-04-29
基金项目: 中南林学院青年基金。
作者简介: 廖迎新(1966—), 女, 中南林学院电子与信息工程学院副教授, 博士。

热电阻直接插在反应液中,经模拟输入通道接收温度测量值,单片机根据温度偏差,调用控制算法,算得控制量,即蒸汽阀接通时间或进排水阀接通时间,然后以固体继电器控制电路来控制升温(开启蒸汽阀和定时开关下出水阀)、保温(关闭蒸汽阀和下出水阀)、降温(开启冷却水阀和上出水阀)过程^[1]。反应釜温度控制工艺曲线如图 1 所示。

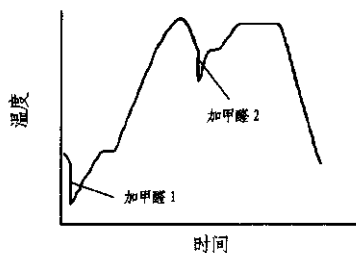


图 1 反应釜温度控制工艺曲线

Fig. 1 Temperature curve for the reaction kettle

2 控制器结构设计

PID 控制方式的优点是控制精度较高,但基于对象精确的数学模型;模糊控制不需对象精确数学模型,在对象工况变化较大时,其控制效果优于 PID 控制。综合各种控制方法优势,本研究设计的系统结构如图 2 所示。

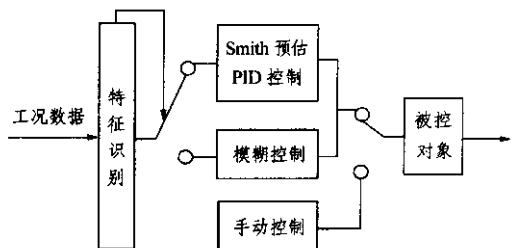


图 2 控制系统结构

Fig. 2 Structure of the control system

图中的特征识别模块可根据反应釜温度偏差、蒸汽压力、水压选择相应的控制方式。蒸汽压力、水压正常,温度偏差较小时,选择 Smith 预估 PID 控制;蒸汽压力、水压波动较大,温度偏差较大时,选择模糊控制;当自动控制效果较差时,可切换至手动控制状态,直接设置蒸汽阀、进排水阀通断状态。

Smith 预估 PID 控制器由两部分组成:一部分是数字 PID 控制器;另一部分是 Smith 预估器,其传递函数为 $G_P(s)(1-e^{-s\tau})$ 。系统结构框图如图 3 所示。

PID 控制器只需校正被控对象数学模型中无延迟的部分 $G_P(s)$ 即可,经 Smith 预估器补偿后,消除纯滞后部分对控制系统的影响,仅将控制作用在时

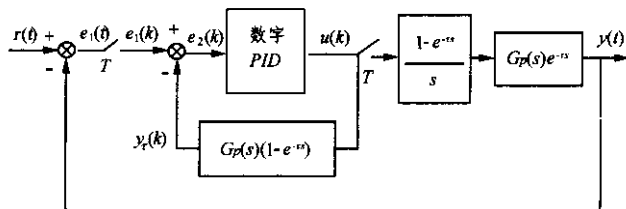


图 3 Smith 预估 PID 控制系统结构框图

Fig. 3 Block diagram of the PID control system

based on Smith Pre-estimate

间坐标上推移了一个时间 τ ,控制系统的过渡过程及其它性能指标都与对象特性为 $G_P(s)$ 时完全相同^[1]。

3 模糊控制

采用模糊控制器时,需要把温度控制误差和误差变化率两个精确量转化成模糊量 E 、 EC ,推理得到模糊控制量 U ,经模糊决策后,再将决策输出的模糊控制量 U 经模糊判决转化成精确的控制量。系统结构框图如图 4 所示^[1]。

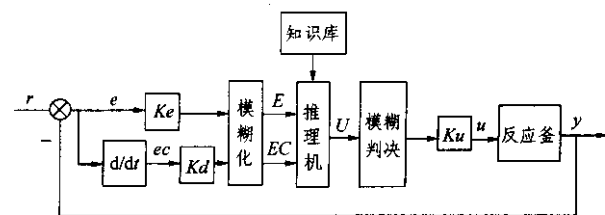


图 4 模糊控制系统结构框图

Fig. 4 Block diagram of the Fuzzy control system

图中: r 为给定的反应釜温度控制曲线; y 为反应液的实际温度; e 为温度控制误差; ec 为误差变化率; u 为控制器输出的控制量,正值表示蒸汽阀打开的时间,负值表示进排水阀打开的时间。

模糊控制器的模糊输入变量为输出误差 E 和误差变化率 EC ,模糊输出变量为蒸汽阀、进排水阀的控制量 U 。根据人工操作经验,选择控制周期为 $T=1$ min,选择如下的模糊子集:

$$E = \{NB, NS, ZR, PS, PB\}$$

$$EC = \{NB, NS, ZR, PS, PB\}$$

$$U = \{NB, NS, ZR, PS, PB\}$$

基本论域为:

$$e = [-2\text{ }^{\circ}\text{C}, 2\text{ }^{\circ}\text{C}], ec = [0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}, 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}], u = [0, 3\text{ min}]$$

模糊论域为:

$$e = \{-6, 6\}, ec = \{-6, 6\}, u = \{-6, 6\}$$

各模糊子集采用梯形和三角形隶属度函数,其隶属度

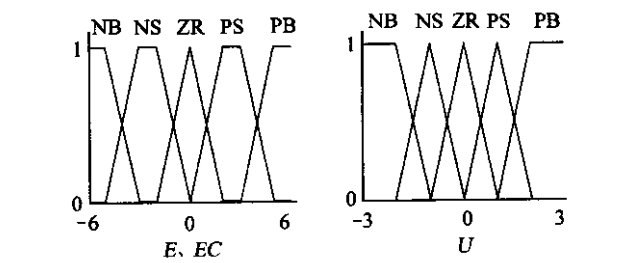


图5 偏差E、输出变化率EC和输出控制U的隶属度函数曲线

Fig. 5 Membership degree curves of error (E), error rate (EC) and output (U)

函数曲线如图5所示。

根据专家和操作工人的经验,总结出的模糊推理规则如表1所示。

表1 模糊推理规则表

Tab. 1 Fuzzy inference rule

$\begin{matrix} U \\ \backslash \\ E \end{matrix}$	NB	NS	ZR	PS	PB
NB	PB	PB	PS	PS	ZR
NS	PB	PS	PS	ZR	ZR
ZR	PS	PS	ZR	ZR	NS
PS	PS	ZR	ZR	NS	NS
PB	ZR	ZR	NS	NS	NB

由于第一次加甲醛和第二次加甲醛时,会使釜温迅速降低,故采用一条专家规则进行控制,规则如下:

If 釜温下降速度>3℃/min, then 开蒸汽阀 3 min。

4 仿真结果检验

根据某竹胶板厂浸渍用胶黏剂(PF)生产过程中第一次加入甲醛后 50~90℃升温阶段的传递函数数

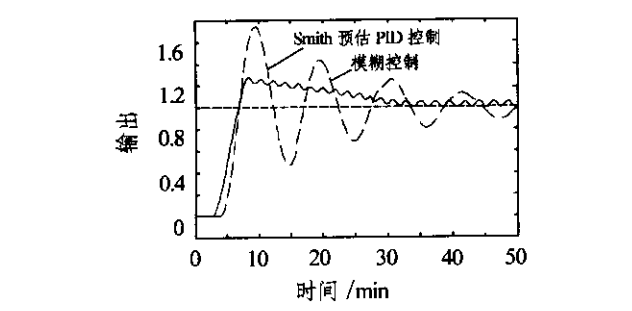


图6 仿真结果

Fig. 6 Simulation result

学模型(1)^[2],采用模糊控制和 Smith 预估 PID 控制,系统单位阶跃响应仿真输出曲线如图6所示^[3]。

$$G(s)=\frac{141.1}{(7.6s+1)(5s+1)}e^{-4.13s} \quad (1)$$

由图6可见,模糊控制系统的超调量比PID控制系统小,且前者的响应速度快,30 min之后系统进入稳态。由于模糊控制是一种离散控制算法,其稳态误差的大小取决于控制器输出的非零最小控制量;而PID控制是一种连续控制算法,理论上可使稳态误差为零。因此,当系统进入稳态之后,由模糊控制切换到PID控制,可进一步减小控制误差。

5 结束语

由仿真结果可知,模糊控制技术可较好地用于胶黏剂生产过程中温度控制,使系统超调量减小、响应速度加快,但控制精度不如PID控制,因此,可采用模糊与PID算法构成的复合控制器,以提高系统的动态和稳态性能指标。

胶黏剂生产过程中,采用模糊-PID控制可使反应液的温度精确地跟踪已设定的工艺曲线变化,避免因人工操作不当造成的生产工艺达不到要求,保证胶黏剂的质量。采用自动控制后,还可减少操作人数,降低生产成本,使产品具有更强的竞争力。

考虑到自动控制是针对正常工况,生产过程中难免会出现蒸汽压大幅波动,甚至停水、停电或计算机控制系统出故障等异常情况,故系统设计时,在计算机控制系统与现场执行机构之间设置有手动控制器,一旦自动控制失常,可将手动控制器的开关设为手动,完全由人工控制生产过程^[4]。

参考文献:

[1] 于海生,潘松峰,于培仁,等. 微型计算机控制技术[M]. 北京:清华大学出版社,1999.

[2] 廖迎新,吴舒辞. 胶黏剂生产过程数学模型的研究[J]. 中南林学院学报,2002(3):87-101.

[3] 楼顺天,胡昌华,张伟. 基于MATLAB的系统分析与设计—模糊系统[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.

[4] 廖迎新,吴舒辞. 炼胶釜单片机控制系统[J]. 中南林学院学报,2000,20(1):81-83.

[5] [苏]И. А. 比尔格尔,绍尔,约西列维奇,等. 机械零件强度计算手册[M]. 姚兆生译. 北京:机械工业出版社,1987.

[6] 林文焕,陈本通. 机床夹具设计[M]. 北京:国防工业出版社,1987.

[7] 朱龙根. 简明机械零件设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2003,3.