

参数自整定 Fuzzy-PID 在液奶杀菌系统的应用研究*

荆红莉 赵鹏 胡大伟

(榆林学院 榆林 719000)

摘要: 介绍了液奶杀菌的工艺流程,针对在液奶杀菌系统中传统的温度 PID 控制所存在的控制精度低, PID 参数无法根据工况在线调整等问题,提出了将模糊控制与经典 PID 控制结合起来的参数自整定模糊 PID 控制算法,对传统 PID 温度控制系统进行了优化处理,并以西门子 PLC 为控制器通过查表法实现了此模糊控制算法。为了检验系统的性能指标,通过 MATLAB 软件对系统进行了仿真实验,仿真结果表明在液奶杀菌温度控制系统中,参数自整定模糊 PID 控制相比于经典的 PID 控制系统控制精度更高,响应速度更快,鲁棒性更好。

关键词: 温度控制;参数自整定模糊 PID;MATLAB 仿真

中图分类号: TK 323 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

Application of milk sterilization system based on parameter self-tuning fuzzy-PID

Jing Hongli Zhao Peng Hu Dawei

(Yulin University, Yulin 719000, China)

Abstract: This paper introduces the technology characteristic and control requirement of Liquid milk sterilization system. To solve the problems such as low precision and parameters cannot be adjusted according to the working condition which existence in the temperature PID control system, this paper put forwards a new algorithm which combine fuzzy control with traditional PID control, to optimize the traditional PID temperature control system. This fuzzy control algorithm is realized by Siemens PLC based on the method of look-up table. In order to test the performance of this system, simulation experiments are carried out base on MATLAB. the result shows that the parameter self-tuning fuzzy PID control compared to the classic PID control the liquid milk sterilization system has higher control accuracy, faster response speed and, better robustness.

Keywords: temperature control; parameters self-tuning fuzzy PID; MATLAB simulate

1 引言

在乳品加工过程中杀菌温度的控制效果不仅影响乳品的质量、色泽而且影响到乳品的风味和保质期。温度过高乳品就会有焦糊味,过低细菌含量较高,保质期短。可见对杀菌温度和保持时间的精确控制是保证乳品质量的重要措施^[1]。目前在乳品行业中,应用最为广泛的杀菌温度控制是基于 PLC 的温度 PID 控制系统。由于杀菌过程中的干扰因素较多,系统中的 PID 参数需要根据工况不断进行调整,目前使用的系统无法实现在线对 PID 参数进行自动整定。为了达到最佳的控制效果,减轻操作人员的工作量,有必要对传统的温度 PID 控制系统进行优化处理,本设计提出了通过模糊控制可以在线实时调整参数的参数自适应模糊 PID 控制算法,并将其应用于乳品的杀菌控制系统中。

2 液奶杀菌工艺及控制

液奶的杀菌处理工艺如图 1 所示,杀菌系统是以蒸汽作为热媒与水混合在夹层管道中与逆向流动的物料通过热交换将物料加热到杀菌温度,并通过管道的连接方式将物料以杀菌温度保持规定的时间,然后通过冰水在冷却管段冷却后送入无菌缸。在杀菌管处通过温度传感器采集物料的杀菌温度,如果杀菌温度低于误差要求则关闭出料阀,打开循环阀进入平衡缸重新杀菌。由图 1 可知蒸汽压力、物料流量、进料温度等参数都会影响杀菌温度。由于杀菌前都要经过预杀菌处理,因此进料温度对乳品杀菌温度产生的影响不大,作为一般扰动量处理;蒸汽流量的变化对乳品的杀菌控制会产生很大的影响,蒸汽阀的开度为系统的调节量。

收稿日期:2016-03

*基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(14JK1865)、陕西省教育厅专项科研计划(11JK0898)、榆林学院高层次人才科研启动基金(14GK33)资助项目

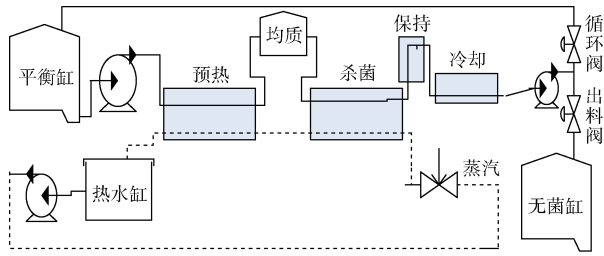


图 1 液奶杀菌处理工艺简图

3 模糊 PID 控制器设计

模糊控制是不依赖被控制对象数学模型的适用于非线性系统的智能控制算法,具有鲁棒性好、抗干扰能力强等优点。将模糊控制与传统的 PID 控制结合起来,设计出液奶杀菌过程参数自整定模糊 PID 控制系统,通过模糊控制动态地自适应调整杀菌过程中 PID 控制器的 3 个参数,从而达到良好的控制效果。

3.1 模糊 PID 控制器的输入、输出量

本设计的控制器原理图如图 2 所示以温度误差 e 及误差的变化率 ec 为输入量,根据不同时刻 e 和 ec 的模糊对应关系,通过模糊推理在线调整 PID 三个参数。输入量 e 和 ec 通过量化因子转换到输入变量的论域范围,然后通过隶属度函数转换到模糊控制器的输入论域中^[2]。输入量的论域确定为 $[-3, 3]$,对应模糊子集为 $[NB, NM, MS, ZO, PS, PM, PB]$ 。输出量 $\Delta K_p, \Delta K_i, \Delta K_d$ 的论域为 $[0, 3]$,模糊子集为 $[ZO, PS, PM, PB]$ 。选用线性度较好的等腰三角函数将输入输出量转化到模糊控制器对应的论域内。

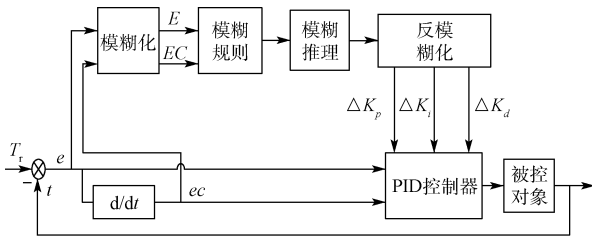


图 2 参数自整定模糊 PID 控制器结构

3.2 模糊推理规则及反模糊化

本设计模糊推理规则是模拟人类的思维方式通过乳品杀菌过程中积累的大量数据及操作人员的控制经验,制定的相关语言控制规则,如表 1 所示。在 MATLAB 中通过 IF、THEN 语句将这些规则加入到模糊控制工具箱中的规则库,控制器通过模糊推理运算后,给出输出量。由模糊控制器得到的输出仍为模糊量,不能直接用来控制被控对象因此采用重心法进行了解模糊化处理^[3]。

表 1 模糊控制规则表

E	and	ec	K_p	K_i	K_d
NB		NONE	PB	ZO	PS
NM		NM	PM	PS	PM
NM		PM	PM	PS	PM
NS		NS	PB	PB	PM
NS		PS	PB	PB	PM
PS		NS	PB	PB	PM
PS		PS	PB	PB	PM
PM		NM	PB	ZO	PS
PM		PM	PM	PS	PS
PB		NONE	PB	ZO	PS

4 控制系统仿真实验

为了检测被控系统的控制性能,验证方案的可行性,在 MATLAB 的仿真环境下对系统进行了仿真实验。由文献[3]可知通过模式辨识得到的液奶杀菌温控系统的模型为 $G(S) = \frac{27}{450S+1}e^{-10s}$,以此模型建立的液奶杀菌系统参数自整定模糊 PID 与 PID 控制仿真模型如图 3 所示,仿真时间设为 1 500 s,杀菌温度为 140 °C,系统响应如图 4 所示。

在液奶加工过程中,由于各种干扰因素的影响,建立好的系统模型参数常常会发生改变^[4],为了验证系统的鲁棒性,在系统模型改变为 $G(S) = \frac{15}{371S+1}e^{-15s}$ 并在 1 000 s 时加入幅值为 20 的阶跃扰动的情况下,对系统进行了仿真实验,系统输出波形如图 5 所示。

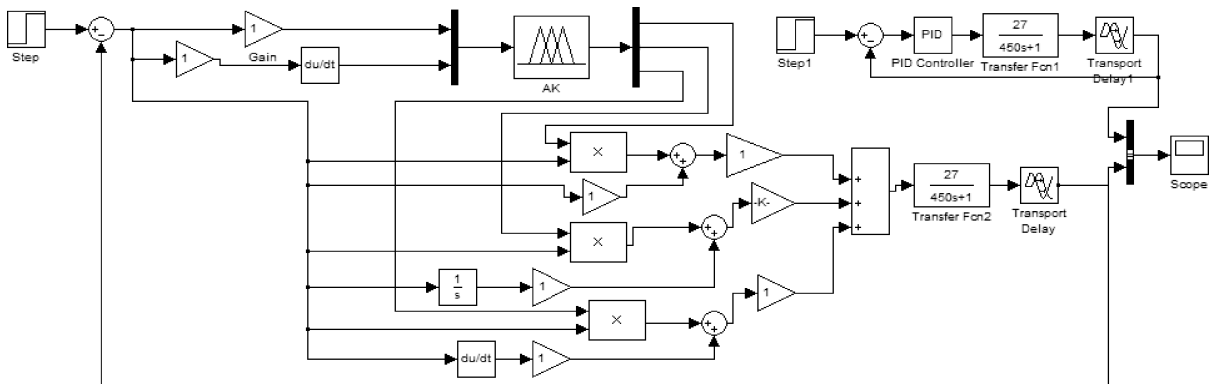


图 3 参数自整定模糊 PID 控制系统仿真模型

将以上两次仿真实验获得的数据统计如表 2 所示。

表 2 实验数据统计表

	无扰动阶跃输入		加入扰动	
	自整定 PID	PID	自整定 PID	PID
上升时间/s	120	200	200	400
超调量/(%)	0	7	14	20
调节时间/s	300	600	300	600

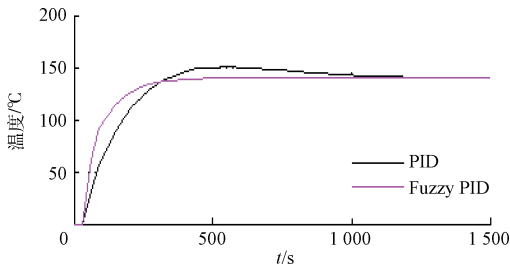


图 4 140℃超高温杀菌系统响应曲线

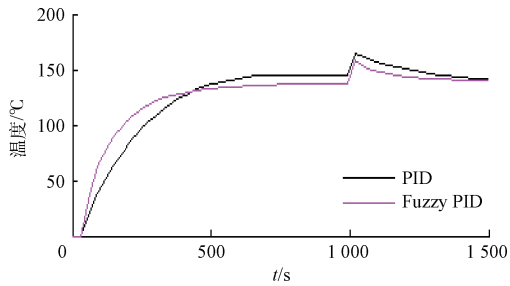


图 5 参数变化及扰动作用下系统响应曲线

通过对实验数据分析,结合图 4 和图 5 响应曲线可知,模糊自适应 PID 控制系统在不同工况下,系统的调节时间大约为 300 s,且调节过程中超调小;传统 PID 控制系统的调节时间大约为 600 s,最大超调量为 20%。由此得出参数自适应模糊 PID 温度控制系统的控制性能比传统的 PID 控制优越^[5]。

5 控制算法的 PLC 实现

本设计以西门子 S7-200PLC 作为控制器,通过 Step7 编程软件,采用查询模糊规则表的方法,实现了参数自整定模糊 PID 控制的算法,其程序流程如图 6 所示^[6]。

6 结 论

本设计将模糊控制与传统 PID 结合起来用于液奶的杀菌温度控制系统中,实现了 PID 数的在线修正,仿真实验证明了此系统稳定好,系统响应速度快,控制精度高,抗扰能力强,保证了液奶的产品质量,提高了系统的自动化程度^[7]。

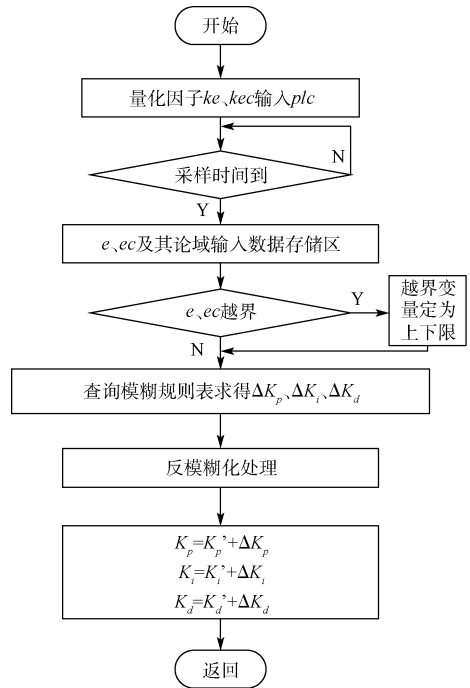


图 6 参数自整定模糊 PID 控制算法流程

参考文献

- [1] 高彬彬,姜波. 番茄酱套管杀菌 Fuzzy-PID 温度控制器的设计与仿真[J]. 甘肃农业大学学报, 2015, 50(5):177-180.
- [2] 李建平,王小冲,谢敬华. 基于 PLC 的模糊参数自整定温度控制系统研究[J]. 控制工程, 2007(6):21-22.
- [3] 余敏,胡卓焕,杨荣. 乳制品巴氏杀菌温度智能控制算法模拟及实验研究[J]. 上海理工大学学报, 2006, 28(5):479-483.
- [4] 罗淳. 模糊自整定的温室温度控制器的设计[D]. 武汉:武汉科技大学, 2009.
- [5] 张春晖. 基于参数自整定模糊的火电厂输煤控制系统应用研究[D]. 上海:上海交通大学, 2013.
- [6] 荆红莉,赵鹏. 基于模糊控制的光伏发电系统 MPPT 设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(1):80-83.
- [7] 姚绪梁,佟为明. 无位置传感器直流无刷电动机自整定模糊系统研究[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(1):187-192.
- [8] 杜新杰,祝连庆. 基于模糊 PID 的酶免分析仪加样臂运动控制[J]. 电子测量与仪器仪表学报, 2014, 28(3):327-332.
- [9] 陈炳和. 计算机控制原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.
- [10] 杨楠,王伟. 基于 LabVIEW 的新式 PID 控制算法机能剖析[J]. 电子测量技术, 2015, 38(11):74-77.

作者简介

荆红莉,1976 年生,硕士,讲师,主要从事电力电子及拖带和智能控制理论研究。
E-mail:373002792@qq.com