

纺织生产过程温控对象的自调整模糊控制

潘海鹏 柯挺 戴文战

(浙江工程学院自动化系,杭州,310033)

摘要:通过对纺织生产过程温控对象的特性分析,给出一种带自调整函数的模糊控制算法,并由实例验证其有效性。该算法编程简单,调试方便,通用性强,有较高的推广价值。

关键词:纺织生产过程 温控对象 自调整函数 模糊控制 自调整模糊控制系统

中图分类号:TS 103.7

文献标识码:A

在纺织工业生产中,有很多工艺对象需要进行温度检测与控制。例如浆纱机的浆液、染槽的染液、蒸化机和烘干机的工作介质、加热滚筒甚至包括车间的空气温度等等。对这些对象实施准确的温度检测与控制,不仅是决定纺织产品质量的关键,而且也是企业安全生产、节约能源的重要手段。

有关文献表明,91%的国内企业仍采用人工操作,手动控制,即使构成闭环,也大都采用传统的PID控制模式,对对象的适应性差、控制精度低,不仅影响产品质量而且往往造成能源浪费^[1]。因此,作者针对纺织生产过程温度控制对象的特点,研制出一种适应性强、反应快、控制精度高的自调整模糊控制算法,并将其用于工业水浴锅的温度控制,取得了良好的效果。

1 控制对象的动态特性

一般纺织生产过程温度控制系统框图如图1所示。其中,SP是温度给定值,PV是温度反馈值,U是调节器的输出。针对纺织工艺,SP可以是恒值给定,也可以是曲线给定,视生产对象的不同而不同。此处数字控制器的算法设计主要取决于被控对象的数学模型。

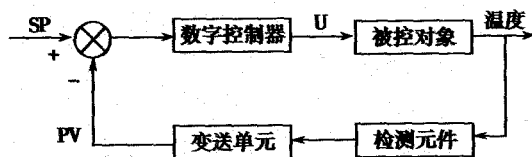


图1 纺织过程温控系统调节框图

在纺织生产过程中,无论是浆纱机浆液温度控制系统还是染色机染槽温度控制系统等,其被控对象的数学模型均可表示为^[2]:

$$G_0(S) = \prod_{i=1}^n \frac{K_i(\cdot)}{T_i(\cdot)S + 1} \cdot e^{-\tau_i(\cdot)S} \quad (1)$$

其中, $G_0(S)$ 表示被控对象的传递函数, n 表示系统的阶次, $K_i(\cdot)$ 为时变比例系数, $T_i(\cdot)$ 为时变时间常数, $\tau_i(\cdot)$ 为时变滞后时间常数。

式(1)表明,被控对象是由惯性和滞后环节组成的一个慢时变、大滞后、非线性控制对象;且由于纺织生产过程的复杂性,干扰因素的不确定性,很难将 $K_i(\cdot)$ 、 $T_i(\cdot)$ 、 $\tau_i(\cdot)$ 用数学语言描述,所以被控对象的数学模型又具有不确定性。针对此类对象,若仍采用经典控制理论,其控制参数难以确定,即使忽略某些因素,对对象进行简化处理,得到近似的数学模型,但它已不能表达对象的真实特性,控制效果往往不佳,而模糊控制就比较适合此类对象的控制。

2 自调整模糊控制算法的研究

2.1 常规模糊控制器

模糊控制是基于模糊推理,模仿人的思维方式,对难以建立数学模型的对象实施的一种控制,它是模糊数学同控制理论相结合的产物,同时也构成了智能控制的重要组成部分。其突出优点是算法对被控对象的数学模型具有“不敏感性”,只需根据操作人员的经验所形成的规则,运用“不精确推理”的方法即可实施控制。但由于常规模糊控制器推理规则的确定完全依赖人们的操作经验,一旦经验总结不合适,得到的规则就不完善,从而引起控制效果的不佳。另外,由于生产过程的复杂性,即使原来总结的经验十分完善,也不可能总是符合控制对象的特性变化。因此,控制规则的在线自学习或自调整是改善控制器性能的关键。

2.2 带有自调整函数的模糊控制算法的研究

2.2.1 理论分析 关于控制规则的在线调整,研究较多的是对模糊偏差、模糊偏差变化 E 、 EC 所引起的模糊输出 U 引入调整因子,得到一种带有调整因子的控制规则^[3-4]:

$$U = -\{\alpha E + (1-\alpha)EC\}, \alpha \in [0, 1] \quad (2)$$

其中, α 为加权因子,“ $\{X\}$ ”表示对 X 进行四舍

五入运算。通过调整 α 的值, 就可以改变模糊偏差 E 、模糊偏差变化 EC 对控制输出 U 的加权程度, 从而达到调整控制规则的目的。该算法的优点是模糊输出不经过采用模糊推理的矩阵运算, 控制的实时性加强; 但不足之处是 α 一经选定, 控制规则就不在改变, 即对 E 与 EC 的加权程度不能改变。然而实际控制系统中, 在不同模糊量化区间, 对 E 与 EC 的加权程度会有不同的要求。如在初始状态, 偏差较大, 系统的主要任务是消除偏差, 就希望对偏差的加权值大些; 相反, 当接近设定值, 偏差较小, 系统的主要任务是减少超调, 尽快稳定, 就希望对偏差变化的加权大些。由此可见, α 不应是一个固定的数值, 应针对不同的偏差范围, 采用不同的 α , 以实现控制规则的自调整。

2.2.2 算法设计 针对上述算法的不足, 为进一步改善模糊控制器的性能, 提出一种带自调整函数的模糊控制算法。其基本控制策略是建立一个自调整函数 α , 当偏差大时, 对偏差影响给予较大权重, 以提高响应速度; 当偏差小时, 为避免超调, 对偏差变化给予较大权重, 以尽快进入稳态。考虑到不同系统有不同的设定值或同一系统的不同阶段的设定值的不同, 取 e/SP 为 α 的自变量, 其函数表达式如下:

$$\alpha = k \left| \frac{e}{SP} \right| \quad (3)$$

式中 k 为待定参数, 由工艺对象而定。通过合理选取 k 的取值, 自调整函数 α 就可根据偏差 e 的变化, 灵活地连续地调整模糊控制规则, 避免了 α 取值固定控制规则不能自调整的不足。同时考虑到模糊控制在接近设定值时易产生振荡现象, 在新规则中引入积分的作用。带自调整函数的模糊控制规则如下:

$$U = U_0 + \Delta U \quad (4)$$

$$\Delta U = \begin{cases} < \alpha E > & |E| > E_H \\ < \alpha E + (1 - \alpha) EC > & E_L < |E| \leq E_H \\ < \alpha E + (1 - \alpha) EC + \beta \sum E > & |E| \leq E_L \end{cases} \quad (5)$$

其中, U 为本节拍控制量输出, U_0 为前一节拍输出, β 为偏差积分权系数, E_H 、 E_L 为偏差阈值, 由具体对象与工艺要求而定, $E_H > E_L$ 。由此可见, 不管

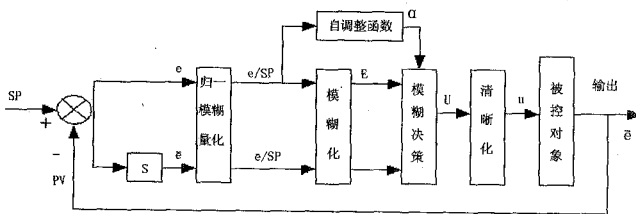


图2 带自调整函数的模糊控制器原理框图

对于纺织过程的何类温控对象, 只要合理选取 α 、 β 、 E_H 、 E_L 的取值, 就可以灵活地运用控制规则实施控制, 使算法具有了智能化特点。图2给出了带自调整函数的控制系统的原理框图。

3 算法仿真与控制效果分析

为更好地模拟纺织工业温控对象的特点, 考察算法的有效性, 作者选取一个复杂的工业控制对象——工业水浴锅作为被控对象。众所周知, 工业水浴锅是靠电加热水, 通过控制水温并由水加热化学溶剂或试剂, 从而控制化学反应过程的一种电加热设备。由于其包含有复杂的物理、化学变化过程, 同时受大量随机不确定因素的影响, 如水量的多少、试剂量的多少、环境的变化等, 因而不可能运用经典的数学建模的方法得到有效的可控模型, 是一个典型的具有不确定因素的被控对象。为验证算法, 设计了图3所示的控制系统。该系统采用 DDC 控制, 选研华 IPC-610 作为工业控制计算机, 北京亚控公司的组态王 V6.0 作为参数记录与画面监控软件, 工作原理如下:

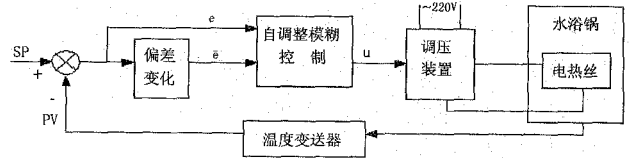


图3 水浴锅自调整模糊控制系统图

取模糊变量 E 及 EC 的论域为 $[-6, +6]$, 模糊输出 U 的论域为 $[-7, +7]$ 。通过测试比较, 将比值 e/SP 、 \dot{e}/SP 在 $[0, 1]$ 的闭区间进行归一模糊化后有:

$$E = \begin{cases} 6\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.95 \\ 5\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.8 \\ 4\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.6 \\ 3\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.3 \\ 2\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.1 \\ 1\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.02 \\ 0\text{sgn}(e) & |e/SP| \geq 0.02 \end{cases} \quad (6)$$

$$EC = \begin{cases} 6\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.05 \\ 5\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.04 \\ 4\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.03 \\ 3\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.02 \\ 2\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.01 \\ 1\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.01 \\ 0\text{sgn}(\dot{e}) & |\dot{e}/SP| \geq 0.02 \end{cases} \quad (7)$$

这样, 运用(3)、(4)、(5)式就可计算出模糊控制

量 U , 对 U 进行反模糊化后, 得到连续控制量 u , 将控制量 u 转化为 $0V \sim 5V$ 的直流电压, 通过调节可控硅的导通角改变水浴锅两端的输入电压, 实现了温度控制的自学习与自调整。

需要指出的是 k 值的大小直接影响系统的响应速度与收敛效果。 k 值增大, α 值增大, 对快速性有利, 但 $(1-\alpha)$ 减小, EC 的作用相对减弱, 对抑制超调不利; 因此, k 值不宜过大, 且要满足 $(1-\alpha) > 0$ 的要求。通过反复实验, 对于一类温控对象, 建议 k 的取值范围在 $1 \sim 1.5$ 之间较为合适。

图 4 给出了采用常规模糊控制、固定 α 模糊控制与带自调整函数模糊控制的实际温度控制曲线的叠加。此处固定 α 模糊控制中 α 取 0.4 , 带自调整函数模糊控制中 k 为 1.13 , E_H 为 4 , E_L 为 2 , β 为 0.12 。从图中可以看出, 常规模糊控制器不具备在线

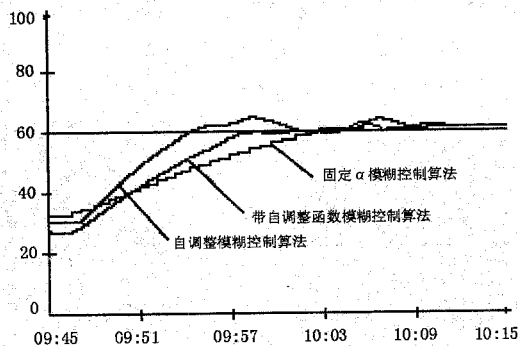


图 4 不同模糊控制算法控制效果比较

修改规则的能力, 不能较好地适应对象特性改变所引起的误差, 因此过渡过程时间长(对 30°C 的阶跃达 30min), 超调量大, 且存在静差; 固定 α 模糊控制虽考虑水浴锅升温快, 降温慢, 将控制重点放在抑制偏差变化, 降低超调上, 却减弱了偏差的影响, 过渡过程时间较长; 而带自调整函数模糊控制算法, 就能较好地适应对象特性的变化, 相同阶跃信号过渡过程时间仅为 12min , 控制精度达 ± 0.1 度。

4 结 语

通过建立自调整函数, 实现了对不确定性对象模糊控制规则的智能调整, 避免了经典控制对过程建模及常规模糊控制对操作经验的过分依赖, 对一类纺织生产过程温控对象提出了一种自调整模糊控制算法。应用此算法对工业水浴锅温度进行控制的实际效果表明控制方法可行。

参 考 文 献

- 1 瓮志成. 对各类过程控制策略应用前景的探讨. 基础自动化, 1996(2): 1~3.
- 2 兀.П. 别捷林等著, 严伯钧等译. 纺织工艺过程自动化, 北京: 纺织工业出版社, 1985.
- 3 He S.Z. Design of an On-line Rule-Adaptive Fuzzy Control System. IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems, San Diego, USA, 1992: 83~91.
- 4 Xiangjie Liu et al. Identification of Boiler Models and Its Fuzzy Logic Strategy, The 14th IFAC World Congress. Beijing, 1999.