



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114815621 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210497482.0

(22) 申请日 2022.05.09

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

申请人 中国兵器装备集团自动化研究所有
限公司

(72) 发明人 陈勇 鲁前成 刘越智 张龙杰
石义官

(51) Int. Cl.

G05B 13/04 (2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法

(57) 摘要

本发明属于具有时滞的凝固过程系统中有限时间自适应控制领域。本发明针对具有时滞的凝固过程控制问题,公开了一种基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法。首先,将具有时滞的凝固过程系统T-S模糊化,利用一系列局部线性化模型逼近非线性系统;其次,基于有限时间方法对已经T-S模糊化的具有时滞的凝固过程系统进行自适应控制。本发明技术方案步骤如下:1) 具有时滞的凝固过程系统建模;2) 具有时滞的凝固过程系统模型T-S模糊化;3) 处理凝固过程系统T-S模糊模型中的时滞项;4) 对系统内外的干扰因素自适应调节;5) 设计有限时间控制器。



1. 基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,对具有时滞的凝固过程系统进行建模

步骤2,具有时滞的凝固过程系统已建立完成的模型进行T-S模糊化

步骤3,处理凝固过程系统T-S模糊模型中的时滞项

步骤4,对系统内外的干扰因素自适应调节

步骤5,设计有限时间控制器。

2. 根据权利要求1所述基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在於:步骤1所述的凝固过程系统存在时滞,包括但不限于输入时滞、状态时滞等。

3. 根据权利要求1所述基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在於:步骤1所述的对具有时滞的凝固过程系统进行建模可以得到其输入与输出或输入与状态之间的关系,包括但不限于机理建模、神经网络建模等。

4. 根据权利要求1所述基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在於:步骤2所述的T-S模糊化是通过设计隶属度函数,对具有时滞的凝固过程已建成的模型通过一系列局部线性模型对其进行逼近,隶属函数包括但不限于高斯型、梯形、三角形、Z型隶属函数。

5. 根据权利要求1所述基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在於:步骤3所述的处理凝固过程系统T-S模糊模型中的时滞项是消除输入或状态项中的时滞对系统性能的影响,包括但不限于频域分析法中的特征根分布、Lyapunov矩阵函数以及时域分析法中的Lyapunov-krasovskii泛函方法。

6. 根据权利要求1所述基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在於:步骤4所述的对系统内外的干扰因素自适应调节,是对系统内部的不确定性和系统外部的干扰进行自适应调节,以使消除其对系统性能的影响,系统内部的不确定性包括但不限于结构不确定性、参数不确定性等,外部的干扰因素包括但不限于环境干扰等,自适应调节包括但不限于模型参考自适应、参数自适应等。

7. 根据权利要求1所述基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,其特征在於:步骤5所述的设计有限时间控制器是设计符合系统要求的结构参数使系统状态在有限时间内达到稳定状态,设计方法包括但不限于lyapunov函数设计法。

一种基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,属于具有时滞的凝固过程系统有限时间自适应控制领域。

背景技术

[0002] 具有时滞的凝固过程存在于众多工业过程,由于自动化技术的普遍应用以及对成型质量的更高要求,研究具有时滞的凝固过程的控制问题极为重要。

[0003] 传统的处理非线性系统的方法较为复杂,一般很难实现全局镇定,T-S模糊系统使用IF-THEN模糊规则描述系统的输入输出关系且具有万能逼近性,能够以较高精度逼近任何非线性模型。

[0004] 凝固过程的物理特性决定了其往往具有时滞现象,时滞的存在会导致系统性能变差甚至使系统不稳定,因此在凝固过程系统中要尽可能避免和消除时滞对系统的影响。

[0005] 在控制系统中,收敛性反应了系统的快速性和稳定性,但是绝大部分控制系统的设计方法属于无限时间稳定控制,针对实际的凝固过程系统有限时间控制有更实际的应用前景,并且有限时间控制相较于非有限时间控制有着更好的鲁棒性和抗干扰性。

[0006] 具有时滞的凝固过程系统由于其存在系统参数不确定性和环境干扰等因素的影响,需要及时修正控制器的特性以适应对象和扰动的动态特性,始终保持较好的性能。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种具有时滞的凝固过程控制方法,克服背景技术中所提到的时滞、干扰、不确定性、无限时间、非线性等因素对具有时滞的凝固过程控制的困难。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0009] 基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法,包括如下步骤:

步骤1,对具有时滞的凝固过程系统进行建模

步骤2,具有时滞的凝固过程系统已建立完成的模型进行T-S模糊化

步骤3,处理凝固过程系统T-S模糊模型中的时滞项

步骤4,对系统内外的干扰因素自适应调节

步骤5,设计有限时间控制器

[0010] 所述的具有时滞的凝固过程其存在输入或状态时滞。

[0011] 所述的对具有时滞的凝固过程系统进行建模可以得到其输入与输出或输入与状态之间的关系。

[0012] 所述的T-S模糊化是通过设计隶属度函数,对具有时滞的凝固过程已建成的模型通过一系列局部线性模型对其进行逼近。

[0013] 所述的处理凝固过程系统T-S模糊模型中的时滞项是消除输入或状态项中的时滞对系统性能的影响。

[0014] 所述的对系统内外的干扰因素自适应调节,是对系统内部的不确定性和系统外部的干扰进行自适应调节,以使消除其对系统性能的影响。

[0015] 所述的设计有限时间控制器是设计符合系统要求的结构参数使系统状态在有限时间内达到稳定状态。

附图说明

[0016] 图1是本发明的凝固过程系统示意图

[0017] 图2是本发明中具有时滞的凝固过程系统T-S模糊建模示意图

[0018] 图3是本发明中基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法框图

[0019] 图4是本发明中基于T-S模糊的具有时滞的凝固过程有限时间自适应控制方法技术方案步骤图

具体实施方式

[0020] 下面详述本发明的实施方式,所述实施方式的示例在附图中示出。下面通过参考附图描述的实施方式是示例性的,用于解释本发明,不能解释为对本发明的限制。

[0021] 如附图1所示,阀门1通入热水,阀门2通入冷水,由阀门1和2的开度控制水槽内水的温度恒定,阀门3用于排水,根据凝固过程系统的控制流程与控制目标构建热量关系方程与液位体积关系,阀门1,2,3的单位时间内的流量是 Q_1, Q_2, Q_3 ,由 $Q=KU$,其中K是阀门流量系数,由此可以得到液位体积关系方程:

$$KU_1 + KU_2 - KU_3 = \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

$\Delta R_1, \Delta R_2, \Delta R_3$ 表示热水、冷水,弹体在 Δt 时间内传递给水槽中水的热量, σ 是扰动量,可以得到热量关系方程:

$$\Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 + \sigma = C\rho V \Delta T \quad (2)$$

将液位方程与热量方程利用微积分运算即可得到凝固过程系统的状态方程。

[0022] 所建立凝固过程系统状态方程为非线性方程并且含有时滞项,如附图2所示,T-S模糊系统根据数学物理条件等先验知识将系统多点线性化,用“IF-THEN”模糊规则描述的输入输出关系,通过构建适当的模糊权重函数将线性的子系统模型光滑的连接成全局的非线性模型,即得到具有时滞的凝固过程系统的T-S模糊系统模型。

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=1}^n h_i(\theta(t)) [A_i x(t) + B_i u(t - \tau(t))] \quad (3)$$

[0023] 根据T-S模糊化得到的具有时滞的凝固成型系统,依据lyapunov-Krasovskii函数方法,设计V函数:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 \\ V_1 &= x^T(t) P x(t) \\ V_2 &= \int_{t-\sigma}^t (s-t+\sigma) x^T(s) T x(s) ds \end{aligned} \quad (4)$$

消除时滞项对系统的影响,在设计控制率使系统稳定的过程中使用线性矩阵不等

式表示处理结果,以此通过使用计算机求解工具箱简化求解证明的过程。

[0024] 收敛性反应了系统的响应快速性和稳定性,具有时滞的凝固过程系统在实际应用中需要使用有限时间稳定,通过设计使Lyapunov函数使其满足:

$$\dot{V}(t) \leq -kV^\alpha(t), 0 < k, 0 < \alpha < 1 \quad (5)$$

构造sontag型自适应项以满足有限时间稳定对V函数的要求:

$$\psi_l(x(t)) = \frac{\varphi_l(x(t)) + \sqrt{\varphi_l(x(t))^2 + \|\beta(x(t))\|^4}}{\sum_{l=1}^r u_l k_l \|\beta(x(t))\|} \quad (6)$$

[0025] 对于系统中的参数不确定性以及外界的环境干扰,使用反步控制消除系统中的不确定项,及时适应具有时滞的凝固过程系统的动态特性变化。

[0026] 如附图3所示,通过机理建模得到具有时滞的凝固系统的数学模型,进而设计隶属度函数使系统T-S模糊化,在此基础上,基于反步法通过设计Lyapunov-krasovskii函数以使其满足有限时间定义并消除状态方程中的时滞和不确定项。

[0027] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

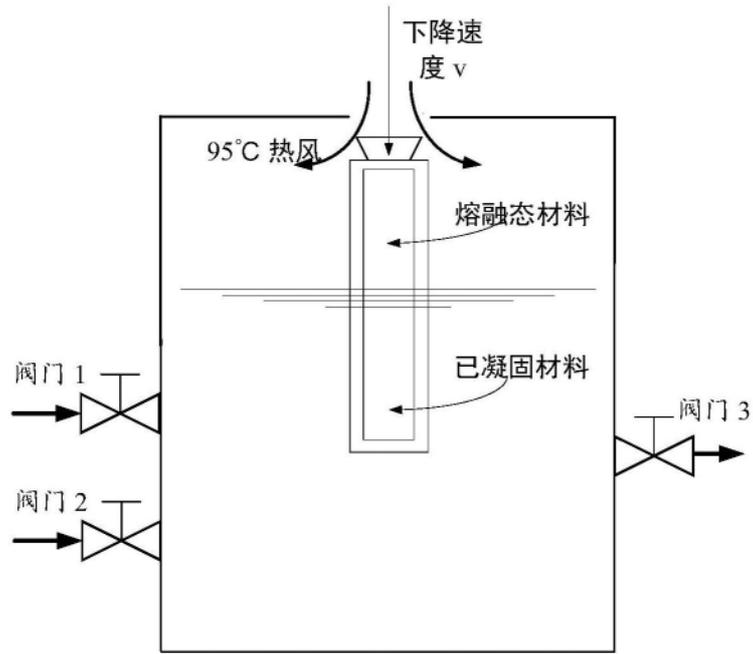


图1

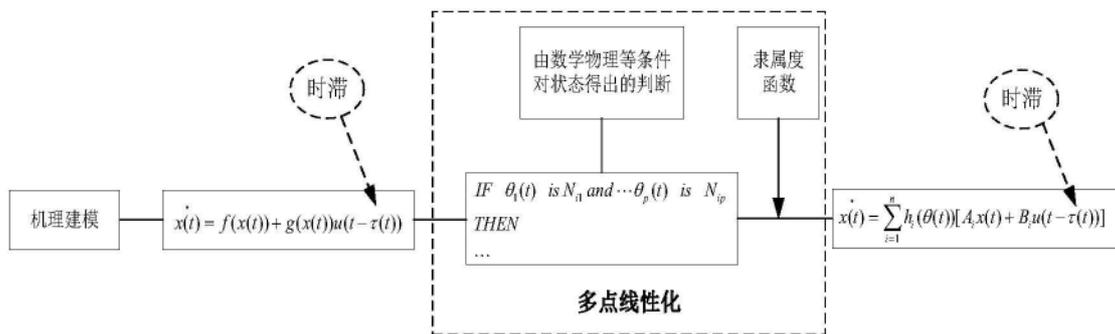


图2

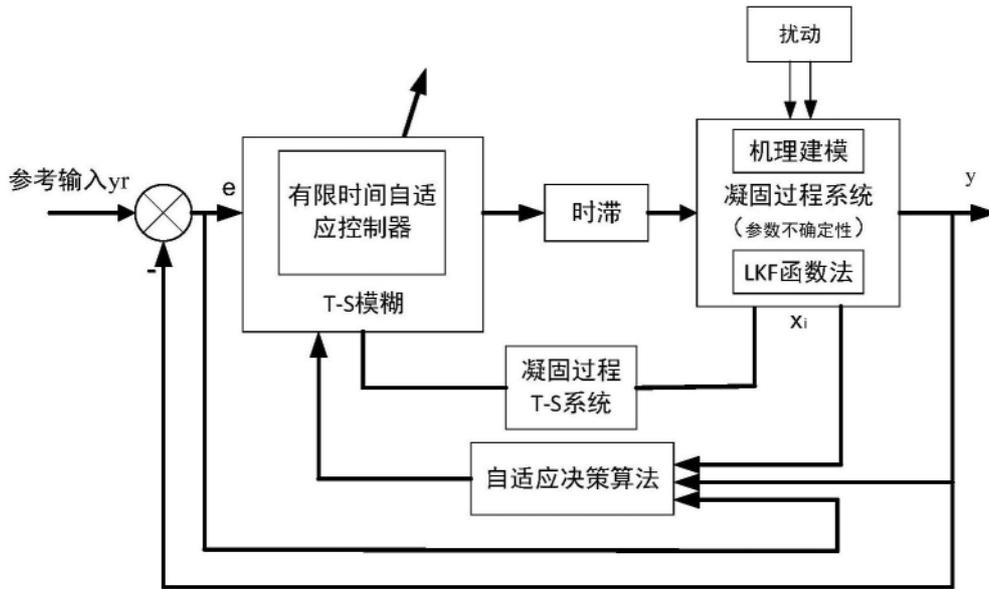


图3



图4