



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104570730 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201410693122. 3

(22) 申请日 2014. 11. 26

(71) 申请人 中国科学院光电技术研究所

地址 610209 四川省成都市双流 350 信箱

(72) 发明人 黄永梅 蔡华祥 杜俊峰 唐涛

张桐 左丹 程静

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限公司

任公司 11251

代理人 杨学明 贾玉忠

(51) Int. Cl.

G05B 13/04(2006. 01)

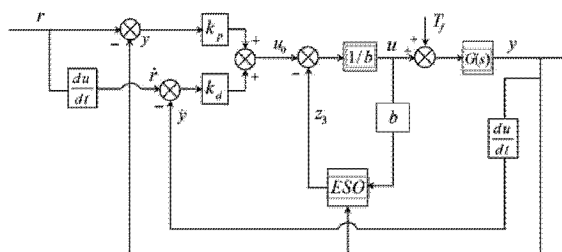
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种改进的自抗扰控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种改进的自抗扰控制方法, 针对非线性自抗扰控制方法参数多, 难以整定的劣势, 提出了一种自抗扰控制的改进方法。这种改进的自抗扰控制方法将传统自抗扰控制方法中的扩张状态观测器设计为一种不基于系统模型的扰动观测器。而利用线性自抗扰控制器参数整定的方法, 将扰动观测器设计为只与两个参数有关的观测器。从而达到降低所整定参数数量的目的。除此之外, 该改进的自抗扰控制方法充分结合了线性自抗扰和非线性自抗扰的优缺点。从而最大化了控制器的性能。所提出的控制方法能降低传统自抗扰控制方法的误差, 提高系统的控制精度。



1. 一种改进的自抗扰控制方法,其特征在于:其具体步骤如下:

步骤(1):控制器输入参考信号的处理,对于输入的参考信号,将其微分信号作为系统的前馈信号加入系统;

步骤(2):对于系统反馈回来的信号,有两种处理方式:1. 若在系统中装有位置传感器和速度传感器,可以同时将传感器采回的位置信号和速度信号作为系统反馈量;2. 若在系统中仅有位置传感器,可以利用位置信号的微分得到速度信号,与位置信号作为系统反馈量;

步骤(3):自抗扰中的扩张状态观测器设计:扩张状态观测器利用线性自抗扰控制的设计方法,但在该扩张状态观测器中引用一个非线性函数,以此提升扩张状态观测器的观测性能;

步骤(4):控制率的设计:控制率同时结合了线性自抗扰和非线性自抗扰的设计方法,设计为一种比例微分控制器;

步骤(5):将扩张状态观测器估计出的系统扰动加入控制器,以此来提前补偿系统受到的非线性扰动等,提高系统控制精度。

2. 根据权利要求1所述的一种改进的自抗扰控制方法,其特征在于步骤(1)中对于输入参考信号的微分处理,同样可以通过预测控制方法、卡尔曼滤波控制的方法来处理。

3. 根据权利要求1所述的一种改进的自抗扰控制方法,其特征在于步骤(2)中微分信号的处理同样可以一些不同的滤波方法处理。

4. 根据权利要求1所述的一种改进的自抗扰控制方法,其特征在于步骤(3)中扩张状态观测器中的非线性函数可以有多种不同的形式。

5. 根据权利要求1所述的一种改进的自抗扰控制方法,其特征在于步骤(4)中控制率的设计除了比例微分控制方法,还可以采用其他不同的控制方法,如比例-积分-微分控制,比例控制,自适应控制。

一种改进的自抗扰控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于高精度的跟踪控制技术领域,具体涉及一种改进的自抗扰控制方法。

背景技术

[0002] 高精度、快响应一直以来都是跟踪控制系统所追求的目标。系统的响应速度主要取决于系统的带宽,但这是由系统本身的物理特性决定的。而如何在有限的带宽,抑制系统本身的缺陷,提高系统的带宽,这一直都是工程师们想努力解决的。跟踪控制系统的结构决定了系统必然存在的一些非线性特性,如死区,摩擦力,饱和以及一些模型的不确定性等。所有的这些特性无疑都将会恶化系统的跟踪精度,若设计得不好,甚至会导致系统的不稳定。针对这些具体的问题,已经提出了一些具体的控制方法,如自适应控制,滑模控制,基于扰动观测器的补偿控制和自抗扰控制等。

[0003] 为了降低非线性扰动给系统带来的影响,基于扰动观测器的控制方法得到了广泛的应用。这种方法主要是利用系统的输入、输出以及部分系统的特性来估计出所施加在系统的扰动,从而将扰动补偿掉。但通常来说,在很多场合系统的模型和特性都是未知的,这无疑增加了扰动观测器的设计难度,限制了观测器的应用领域。此外,由于系统具有一些不确定性,而为了提高系统的控制精度,一些研究者提出了,自适应控制,自适应鲁棒控制,自适应前馈控制,自适应滑模控制和自适应逆控制等。这些控制方法主要是利用了自适应控制能够随着系统的变化自动调节参数优良特性,再结合其他一些经典的控制以期达到一个良好的效果。这些方法在一定程度上也都确实取得了很多良好的效果。

[0004] 除此之外,在近年来,自抗扰控制由于其不需要关注系统的模型及扰动的特性而受到设计者更为广泛的关注,自抗扰控制是由韩京清针对系统模型不确定性,且受到一些未知扰动而提出一种新的控制方法。这种控制方法由于其特殊的方法已经在很多领域受到了广泛的关注,包括导弹控制系统,医疗系统,火控系统等。并取得了很多完美的控制效果。在这逐渐发展起来的一二十年中,分析针对该方法的参数整定,频域特性分析,稳定性分析和鲁棒性分析等都涌现了大量的分析,可见,该控制方法无论是在实际应用中还是理论分析都逐渐趋向于一个成熟的控制算法。

[0005] 然而,就目前的自抗扰控制技术来说,主要可分为线性自抗扰和非线性自抗扰两大类,线性自抗扰是为了解决非线性自抗扰控制中参数过多,难以调试的难题。从而极大地推广了自抗扰控制技术的应用。但事实上非线性自抗扰中的非线性函数是为了提升控制器的控制性能的,因而改为线性自抗扰控制结构,控制器的性能必然会有所降低。本发明就是在结合两种控制方法的基础上,保留各自的优缺点,并将扩张状态观测器设计为一个不基于模型的扰动观测器,目的是为了降低控制器中的观测误差。

发明内容

[0006] 针对非线性自抗扰控制参数多难于调试,线性自抗扰控制参数易于调试,但性能并不是最优的问题,本发明结合两种控制方法的优势,提出了一种改进的自抗扰控制方法。

利用扩张状态观测器对扰动估计的思想,将自抗扰控制器的扩张状态观测器设计成为了一个非线性的扰动观测器,该观测器不基于系统的模型,且降低了自抗扰中扩张状态观测器的估计误差。

[0007] 本发明的技术解决方案为:采用非线性自抗扰控制与线性自抗扰控制相结合的方法,将自抗扰控制中的扩张状态观测器设计为一种非线性的扰动观测器,提出一种改进的自抗扰控制方法。具体实现步骤如下:

[0008] 步骤(1):控制器输入参考信号的处理,对于输入的参考信号,将其微分信号作为系统的前馈信号加入系统;

[0009] 步骤(2):对于系统反馈回来的信号,有两种处理方式:1. 若在系统中装有位置传感器和速度传感器,可以同时将传感器采回的位置信号和速度信号作为系统反馈量;2. 若在系统中仅有位置传感器,可以利用位置信号的微分得到速度信号,与位置信号作为系统反馈量;

[0010] 步骤(3):自抗扰中的扩张状态观测器设计,扩张状态观测器利用线性自抗扰控制的设计方法,但在该扩张状态观测器中引用一个非线性函数,以此提升扩张状态观测器的观测性能;

[0011] 步骤(4):控制率的设计,控制率同时结合了线性自抗扰和非线性自抗扰的设计方法,设计为一种比例微分控制器;

[0012] 步骤(5):将扩张状态观测器估计出的系统扰动加入控制器,以此来提前补偿系统受到的非线性扰动等,提高系统控制精度。

[0013] 进一步的,步骤(1)中对于输入参考信号的微分处理,同样可以通过预测控制方法、卡尔曼滤波控制的方法来处理。

[0014] 进一步的,步骤(2)中微分信号的处理同样可以一些不同的滤波方法处理。

[0015] 进一步的,步骤(3)中扩张状态观测器中的非线性函数可以有多种不同的形式。

[0016] 进一步的,步骤(4)中控制率的设计除了比例微分控制方法,还可以采用其他不同的控制方法,如比例-积分-微分控制,比例控制,自适应控制。

[0017] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0018] (1) 同非线性自抗扰控制技术相比,该发明方法调试简单,所需要调整的参数大大降低,降低了非线性自抗扰控制方法的调试难度,更便于工程化应用;

[0019] (2) 相对线性自抗扰控制技术,该发明保留了扩张状态观测器中的非线性函数,提高了线性扩张状态观测器的观测性能;

[0020] (3) 相对目前的自抗扰控制技术来说,它降低了自抗扰控制中的控制误差,无论是控制量误差还是观测器的观测误差都有了一定的减小。

附图说明

[0021] 图1为系统结构图;其中,1为电机,2为负载,3为测速机,4为编码器;

[0022] 图2为改进的自抗扰控制结构图;

[0023] 图3为定点位置跟踪结果;

[0024] 图4为正弦信号跟踪结果。

具体实施方式

[0025] 以下结合附图,具体说明本发明的实施方式。

[0026] 设系统的控制对象可以描述为:

$$[0027] \quad \dot{x}_1 = x_2$$

$$[0028] \quad \dot{x}_2 = ax_2 + bu + f$$

$$[0029] \quad y = x_1$$

[0030] 式中 x_1 表示的是系统的位置信号,即 θ ; x_2 表示的是系统的速度信号; f 表示的是系统受到的扰动信号。 a, b 分别代表了系统本身的物理参数。下面将介绍改进的自抗扰控制方法具体设计过程。

[0031] 步骤(1):本伺服系统由图1所示的光电跟踪系统组成,执行元件为电机,驱动元件为负载,测速元件为测速机,测位置的传感器为编码器。首先对于输入信号的处理,这里选择输入信号为 $\theta_{ref} = 20^\circ \sin(0.5t)$,将输入信号的微分信号作为前馈信号 $\dot{\theta}_{ref} = 10^\circ \cos(0.5t)$ 加入控制器;

[0032] 步骤(2):对于系统反馈回来的信号,由于系统中装有位置传感器和速度传感器,可以同时将传感器采回的位置信号 θ_1 和速度信号 $\dot{\theta}_1$ 作为系统反馈量;

[0033] 步骤(3):自抗扰中的扩张状态观测器设计,扩张状态器设计为如下形式。

$$[0034] \quad e_1 = z_1 - \theta_1$$

$$\dot{z}_1 = z_2 - \beta_{01}e_1$$

$$[0035] \quad \dot{z}_2 = z_3 - \beta_{02}fal_1(e_1, \delta, h) + bu$$

$$\dot{z}_3 = -\beta_{03}fal_2(e_1, \delta, h)$$

[0036] 式中, z_1 为观测器估计出的位置信号, z_2 为观测器估计出的速度信号, z_3 为观测器估计出的扰动信号,在这里选用的非线性函数为 $fal(x, a, \delta)$, 其表达式如下:

$$[0037] \quad fal(x, a, \delta) = \begin{cases} \frac{x}{\delta^{(1-a)}} & |x| \leq \delta \\ sign(x)|x|^a & |x| > \delta \end{cases}$$

[0038] 式中, a 和 δ 分别为需要调试的参数。不过在调试过程中可以将其固定, $fal_1(x, a, \delta)$ 中, a, δ 分别取为 0.05 和 0.001 (δ 取的是系统工作的采样率), $fal_2(x, a, \delta)$ 中, a, δ 分别取为 0.025 和 0.001。而对于扩张状态观测器的参数 $\beta_{01}, \beta_{02}, \beta_{03}$, 则根据以下的方法来整定:

$$[0039] \quad \beta_{01} = 3\omega_0, \beta_{02} = 3\omega_0^2, \beta_{03} = \omega_0^3$$

[0040] 其中 ω_0 为状态观测器的。

[0041] 步骤(4):控制率的设计。控制率同时结合了线性自抗扰和非线性自抗扰的设计方法,设计为一种比例微分控制器。

$$[0042] \quad u_0 = k_p(\theta_{ref} - \theta_t) + k_d(\dot{\theta}_{ref} - \dot{\theta}_t)$$

[0043] 对于控制率的参数 k_p, k_d , 则根据以下的方法来整定:

[0044] $k_p = 2\omega_c$, $k_d = \omega_c^2$

[0045] 其中 ω_c 为控制率调节的参数。

[0046] 步骤 (5): 将扩张状态观测器估计出的系统扰动加入控制器, 以此来提前补偿系统受到的非线性扰动等, 提高系统控制精度。

[0047] $u = \frac{u_0 - z_3}{b}$ 。

[0048] 如图 2 所示, 式中, u_0 为控制率的输出, u 为系统的输入量。

[0049] 图 3 反映的是系统对于输入参考信号为 $\theta_{\text{ref}} = 20^\circ$ 时的跟踪结果。可以明显看到, 改进的自抗扰控制方法可以提高系统的收敛速度。

[0050] 图 4 反映的是系统对输入参考信号为 $\theta_{\text{ref}} = 20^\circ \sin(0.5t)$ 的跟踪结果。可以看到所提出的改进的自抗扰控制方法, 相比传统的控制方法, 大大降低了系统中的换向误差, 提高了系统的精度。

[0051] 本发明未详细阐述部分属于本领域技术人员的公知技术。

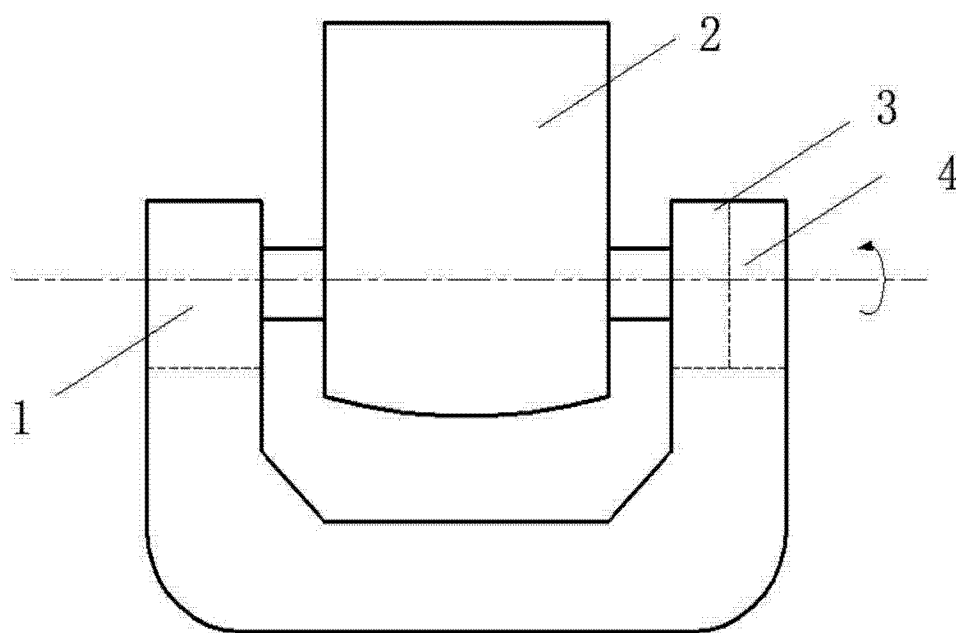


图 1

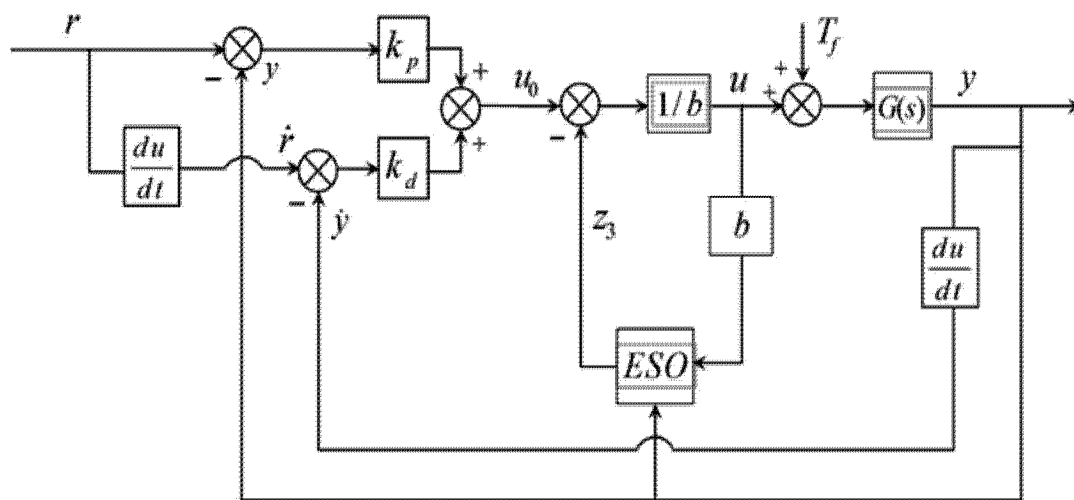


图 2

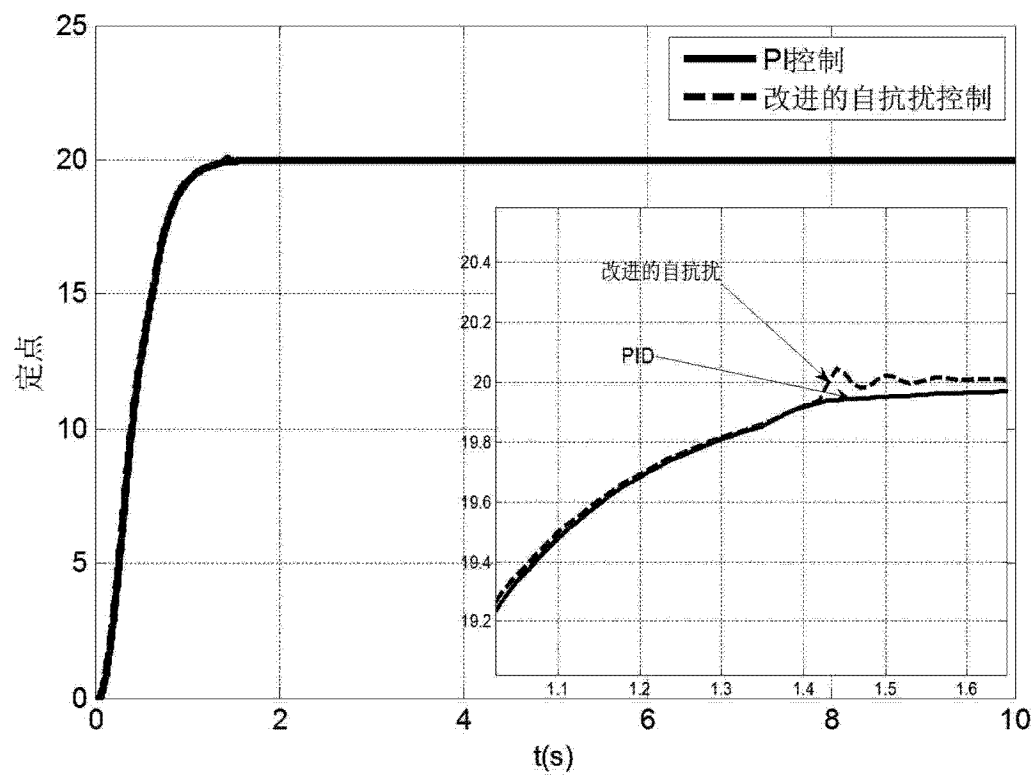


图 3

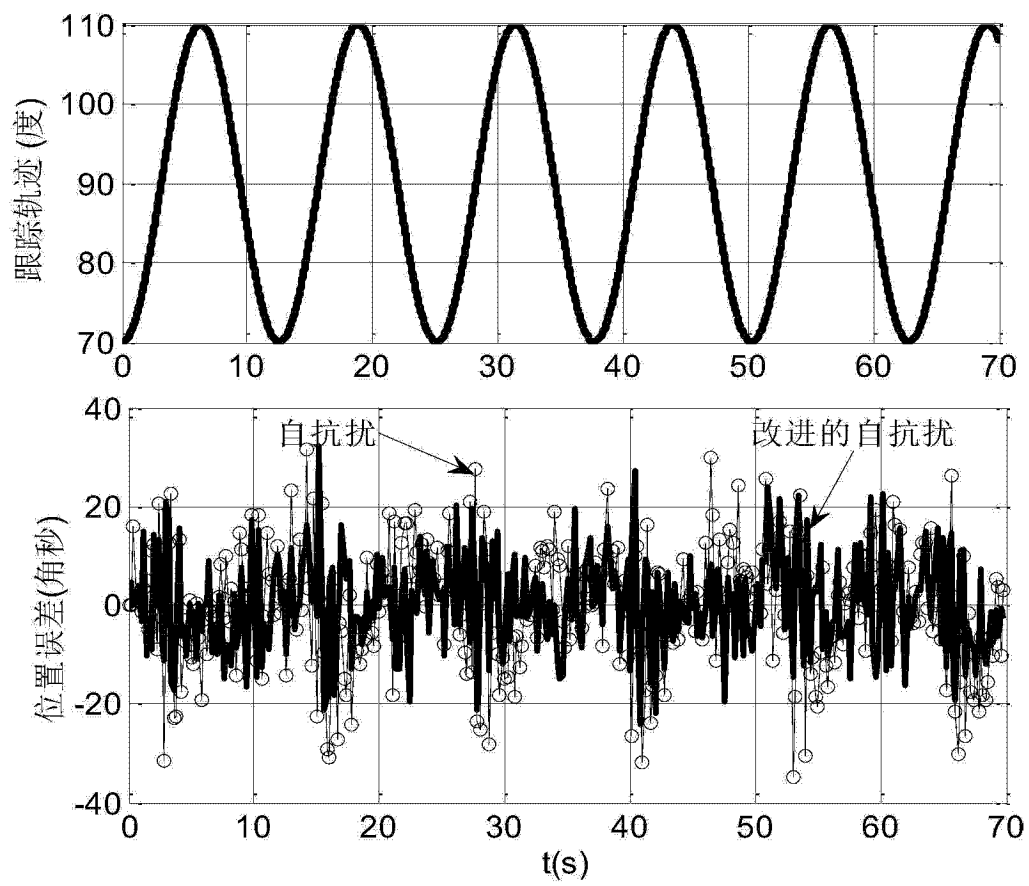


图 4