

文章编号 : 0253-9721 (2006) 06-0041-03

复贴机张力的模糊自整定 PID 控制

李革, 梅靖, 赵匀, 潘海鹏

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要 介绍了复贴机张力控制及其基本原理, 由于复贴机是一个典型的复杂、联动、时变、非线性卷绕系统, 对其进行恒张力控制具有相当的难度。传统的 PID 控制不能满足要求, 为了有效解决系统的非线性时变和数学模型建立困难等问题, 在原有 PID 张力控制器的基础上提出一种较新的控制算法——模糊自整定 PID 控制, 对比了传统 PID 控制和模糊 PID 仿真曲线, 可以看出模糊控制器对卷径变化比普通 PID 控制具有更强的适应性。

关键词 复贴机; 模糊控制; PID 控制; 张力控制

中图分类号: TS195.38 文献标识码: A

Fuzzy self-adjusting PID controller for affixture machine tension control

LI Ge, MEI Jing, ZHAO Yun, PAN Hai-peng

(College of Mechanical and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract This paper introduces the affixture machine tension control and its postulate. Since the affixture machine is a typical complicated, tandem driving, time changing and non-linear winding system, it is rather difficult to control constant tension. The traditional proportional-integral-differential (PID) controller can not meet the requirements, thus, a fuzzy adaptive PID tension controller is proposed for effective settlement of the problems of dynamic change of the non-linear system and the establishing of mathematic model. Through comparing the simulated curve of fuzzy PID with that of traditional PID, it can be seen that the fuzzy PID controller has better adaptability to the change of the winding radius than the traditional one.

Key words affixture machine; fuzzy control; PID control; tension control

复贴机的张力控制对复合面料的质量具有十分重要的影响。常规 PID 控制器原理简单, 鲁棒性较强, 动态和静态特性优良, 特别是对二阶对象模型具有最优调节器的结构特点。但常规 PID 控制器不具有在线参数整定功能, 对系统模型的精确性依赖较强, 对于非线性、时变且受随机干扰的复贴机张力控制系统, 一般难以获得较好的控制性能, 即使通过一些假设和简化导出数学模型, 仍有许多参数无法确定^[1]。复贴机的张力采用模糊控制系统, 无需建立精确数学模型, 该系统具有以下优点: 1) 有效解决了系统的非线性时变这一最大难题; 2) 可以随时根据系统的输入与反馈的偏差与偏差率来调节张力; 3) 模糊控制规则有利于人机交互, 便于操作者使用。

1 张力控制及其基本原理

工程自动控制中, 有 3 种张力控制系统: 直接法张力系统、间接法张力系统和复合张力系统^[2]。直接法调节系统是按张力偏差调节的闭环控制张力系统, 该方法具有较高的控制精度, 控制最为简便有效, 其工作原理见图 1。设 2 个传动点之间的距离为 L , 压辊两侧的线速度分别为 v_1 、 v_0 。根据虎克定律, 加工物的弹性模量为

$$E = \sigma / \epsilon = (F / S) / (\Delta L / L) = FL / S \Delta L \quad (1)$$

式中, F 为加工物的张力; S 为加工物的截面积; L 为两传动点间的距离; ΔL 为加工物的弹性伸长。

收稿日期: 2005-10-19 修回日期: 2006-02-13

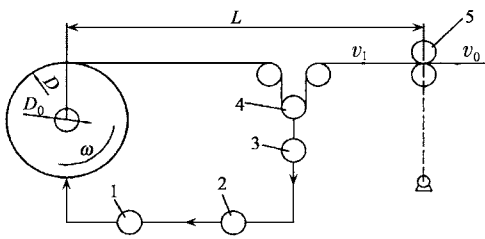
基金项目: 浙江省科技厅资助项目 (2004C31077)

作者简介: 李革 (1958-), 男, 教授, 博士。主要研究领域为机构动力学。

$\Delta L = \int (v_1 - v_0) dt$, 则有:

$$F = ES\Delta L/L = (ES/L) \int (v_1 - v_0) dt \quad (2)$$

由式(2)可见,张力调节对象是一个积分环节。当加工物受到拉伸后,首先要经过一段弹性伸长,才能建立起张力。只有保持 2 个传动单元的速度差恒定,才能保持加工物中张力恒定,所以加工物中的张力与 2 个传动单元的线速度差的积分成正比,还与加工物的弹性模量 E 、两传动点间的距离 L 、加工物的横截面积 S 等因素有关。由于张力有以上特性,所以采用模糊自整定 PID 控制。



1—电机;2—变频器;3—控制器;4—摆辊;5—压辊
图 1 卷绕系统简图

2 模糊自整定 PID 控制器

2.1 模糊自整定 PID 控制原理

模糊自整定 PID 控制器以误差 e 和误差变化 ec 作为输入,可以满足不同时刻的 e 和 ec 对 PID 参数自整定的要求,其结构见图 2。利用模糊控制规则对 PID 参数进行修改,便构成了模糊自整定 PID 控制器。其工作流程如图 3 所示。

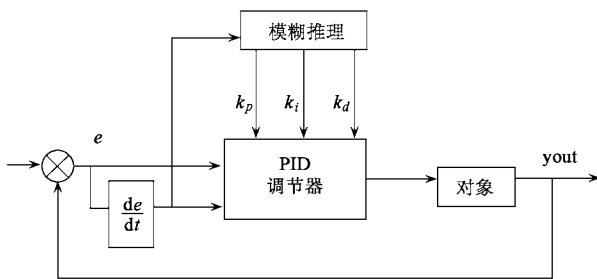


图 2 模糊自整定控制器结构图

2.2 模糊自整定 PID 控制器设计

2.2.1 模糊控制器的输入和输出

模糊控制器选用系统的实际张力 T 与张力给定值 T_d , 误差 $e = T_d - T$ 及其误差变化 de 作为输入

语言变量,把 PID 的 3 个参数作为输出,这样构成了一个二维模糊控制器^[3-7]。

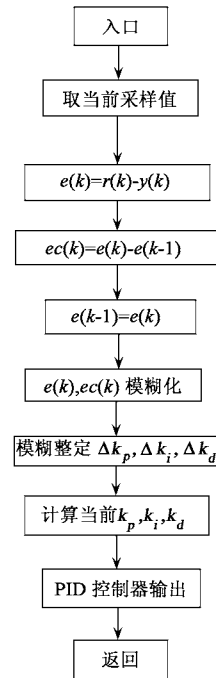


图 3 自整定工作流程图

2.2.2 输入和输出变量的范围与量化等级

取输入的 2 个变量和输出的 3 个变量都为 7 级,即:

$$e, ec, kd = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$$

$$kp = \{-0.3, -0.2, -0.1, 0, 0.1, 0.2, 0.3\}$$

$ki = \{-0.06, -0.04, -0.02, 0, 0.02, 0.04, 0.06\}$, 都取 7 个语言变量,即: {NB, NM, NS, Z, PS, PM, PB}。其中 NB 为负大;NM 为负中;NS 为负小;Z 为 0;PS 为正小;PM 为正中;PB 为正大。

2.2.3 输入和输出变量的隶属度函数与控制规则

隶属度函数实质上反映的是事物的渐变性,因此它必须遵守一些基本原则:表示隶属度函数的模糊集合必须是凸模糊集合;变量所取隶属度函数通常是对称和平衡的;隶属度函数要符合人们的语言顺序,避免不恰当的重叠。

确定模糊控制规则的原则是必须保证控制器的输出能够使系统输出响应的动静态特性达到最佳。其 $kp/ki/kd$ 的规则库如表 1 所示。

根据各模糊子集的隶属度赋值表和各参数模糊控制模型,应用模糊合成推理设计 PID 参数的模糊矩阵表,查出修正参数带入下式计算:

$$kp = k'_p + \{e_i, ec_i\}_p; ki = k'_i + \{e_i, ec_i\}_i;$$

$$kd = k'_d + \{e_i, ec_i\}_d \quad (3)$$

表 1 $k_p/k_i/k_d$ 模糊控制规则库

	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	PM/PS/PS	PM/PS/Z	PM/PS/Z	PS/PS/Z	PS/PS/Z	Z/PS/PS	Z/PS/PS
NM	PM/PS/NB	PM/Z/NB	PM/Z/NM	PS/Z/NS	PS/Z/NM	Z/Z/NB	Z/Z/NB
NS	PM/Z/NB	PM/Z/NB	PS/Z/NM	PS/Z/NS	Z/Z/NM	NS/NS/NB	NB/NS/NB
Z	PM/NS/NS	PS/NS/NS	Z/Z/NS	Z/Z/NS	NS/NS/NS	NM/NS/NM	NB/NM/NM
PS	PS/Z/NB	Z/Z/NB	Z/Z/NM	NS/Z/NS	NM/PS/NS	NB/PS/NS	NB/PS/NM
PM	Z/Z/NB	Z/PS/NB	NS/PS/NM	NM/PS/NS	NM/PB/Z	NB/PB/PS	NB/PB/PS
PB	NS/PB/PS	NS/PB/PS	NM/PB/Z	NM/PB/Z	NB/PB/PS	NB/PB/PS	NB/PB/PS

3 仿真结果

在 MatLab 的环境下进行仿真,复贴机的卷径平衡点参数 P_{nom} 为 1.1 kW、 U_{nom} 为 220 V、 I_{nom} 为 3 A、 n_{nom} 为 1 500 r/min、电机主回路总电阻 R 为 5 Ω 、电枢电阻 R_a 为 4.3 Ω 、整流装置放大系数 K_s 为 30、系统电流反馈系数 K_i 为 0.8、系统转速反馈系数 K_n 为 0.004、系统张力反馈系数 K_f 为 0.027 V、三相桥平均失控时间 T_s 为 0.001 67 s、电枢回路电磁时间常数 T_l 为 0.027 3 s、电流环滤波时间常数 T_{oi} 为 0.001 s、转速环滤波时间常数 T_{on} 为 0.01 s、张力环滤波时间常数 T_{of} 为 0.001 s、电机的电势系数 C_e 为 0.138。

卷绕系统的最显著特点就是卷径的实时变化,放卷在不断的减小,收卷在不断增大,该卷径扰动伴随整个复贴过程。在复贴系统中,卷径的变化通常在 100 ~ 800 mm 之间,卷径的较大变化必然会引起对象参数的较大变化,而 PID 控制虽然有一定的鲁棒性,但它对被控对象参数变化的适应是有范围的,这就带来一个问题:单一的张力 PID 控制器能否适应卷径在较大范围内的变化。收卷环节在不同卷径下给出的响应曲线见图 4。

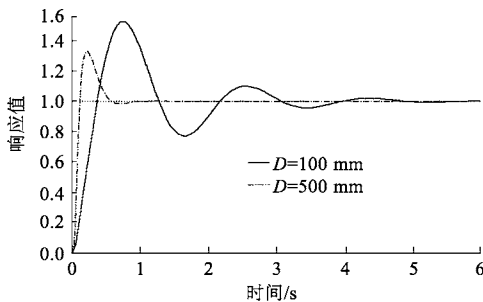


图 4 收卷环节在不同卷径下给出的响应曲线

从图 4 看出,收卷环节的 PID 参数是在卷径 D 为 500 mm 下整定的,当卷径 D 为 100 mm 时系统的超调量明显增大,快速性明显变差,原来整定的 PID 参数通常不能满足控制性能的要求,应该重新整定

PID 参数。而模糊自整定 PID 控制能够实时地对卷径变化做出反应,它的单位阶跃响应曲线见图 5。

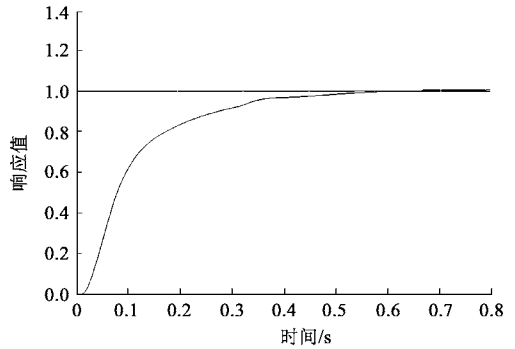


图 5 模糊自整定 PID 控制单位阶跃响应曲线

4 结束语

从仿真结果看出,复贴机的张力控制采用模糊控制策略较常规 PID 控制具有超调量小的优点,精度高,同时其鲁棒性也较好。这样,采用了模糊自适应控制器的张力控制器对卷径的变化具有了自适应的能力,能在较大的范围根据卷径的变化情况自动修正 PID 参数,表现出良好的控制性能。 FZXB

参考文献:

- [1] 邓忠华,郭应峰.套色印刷机械中恒张力控制策略的研究[J].轻工机械,2004,(3):15-17.
- [2] 陈振翼,杨公源,沈洪勋.张力控制系统[M].北京:纺织工业出版社,1987.
- [3] 潘海鹏,柯挺,戴文战.纺织生产过程温控对象的自调整模糊控制[J].纺织学报,2003,24(6):213-215.
- [4] 刘曙光,魏俊民.浆纱机经纱推绕张力自调匀整的模糊控制[J].纺织学报,1994,15(3):100-105.
- [5] 胡寿松.自动控制原理[M].北京:科学出版社,2002.
- [6] Lee Xiao-feng. Application of the fuzzy adaptive PID to a power plant[A]. In: IFAC. Symposium Oil Power Plant and Power Systems Control 2000[C]. Brussels: 2000. 26-29.
- [7] Lee Xiao-feng. Novel design method for the ball mill pulverizing system based on fuzzy reasoning and auto-tuning PID control [A]. In: IFAC. Conference on New Technologies for Computer Control 2001 [C]. Hong Kong: 2001. 19-22.