

基于 Matlab 的吹膜机张力系统控制策略研究

黄新

(广东众和化塑股份公司金塑新材料科技分公司 广东 茂名 525000)

摘要: 通过对吹膜机张力系统的研究, 对于传统的 PID 控制加以改进, 基于 Matlab 设计了新的吹膜机张力控制系统。通过与常规 PID 控制方式的对比, 得出模糊自适应整定 PID 控制下的张力系统仿真, 结果表明被控系统参数变化时, 其控制效果优于常规 PID 控制, 仍可以维持系统稳定运行的结论。

关键词: Matlab; 吹膜机; 张力系统; 控制策略; 研究

0 引言

塑料薄膜产量约占中国塑料产品总量的 20%, 且在不断增长。各生产厂家越来越重视薄膜产品的质量, 市场对功能薄膜的需求也促进了多层共挤薄膜设备的发展。Matlab 控制器制造技术被广泛应用于塑料薄膜吹膜机, 提高了生产过程的自动化水平。本文基于 Matlab 设备控制程序, 对薄膜挤出工艺和原理进行了分析, 深入介绍了基于 Matlab 的吹膜机张力控制方法以及具体应用。

1 常规 PID 控制

常规 PID 控制器是一种线性控制器, 其控制偏差由系统给定信号和输出信号确定。原理简单、鲁棒性强、使用方便等特点使常规 PID 控制在工业控制领域得到广泛应用。

系统控制偏差为

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (1)$$

常规 PID 控制的控制律为

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2)$$

亦可表示为传递函数形式

$$H(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) \quad (3)$$

式中 K_P ——比例系数;

T_I ——积分时间常数;

T_D ——微分时间常数。

常规 PID 控制器的比例环节可以减小系统误差, 当系统的输出曲线漂浮绕大弯时, 减小比例系数, 当系统曲线振荡频繁时, 增大比例系数; 积分环节可以消除系统的静态误差, 提高稳态精度, 当系统曲线偏离稳定值后恢复很缓慢时, 减小积分系数, 当系统曲线波动时间较长时, 增大积分系数; 微分环节可以加快系统的响应速度, 缩短调节时间, 当系统曲线振荡频率很快时, 减小微分系数, 当曲线波动很慢且动态误差很大时, 增大微分系数。如果采用常规 PID 控制进行张力控制器设计, 那么其控制律可以表达为

$$W_{ATR}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) \quad (4)$$

吹膜机张力控制系统被控对象传递函数为

$$P(s) = \frac{(3.915 \times 10^{-4} s + 4.5 \times 10^{-3}) R}{1.317006 \times 10^{-4} s^4 + 7.569 \times 10^{-3} s^3 + 0.261 s^2 + 3s} \quad (5)$$

为保证薄膜的卷取质量, 收卷过程中应维持张力恒定, 故采用阶跃输入信号进行张力控制系统仿真。当卷材的卷绕半径 $R=0.1\text{m}$ 时, 常规 PID 控制器作用下的张力响应曲线如图 1(a) 所示。

薄膜生产过程中, 卷材半径是时刻变化的, 当卷材的卷绕半径 $R=0.2\text{m}$ 时, 常规 PID 控制器作用下的张力响应曲线如图 1(b) 所示。

仿真结果表明, 当卷材的卷绕半径发生变化时, 使用

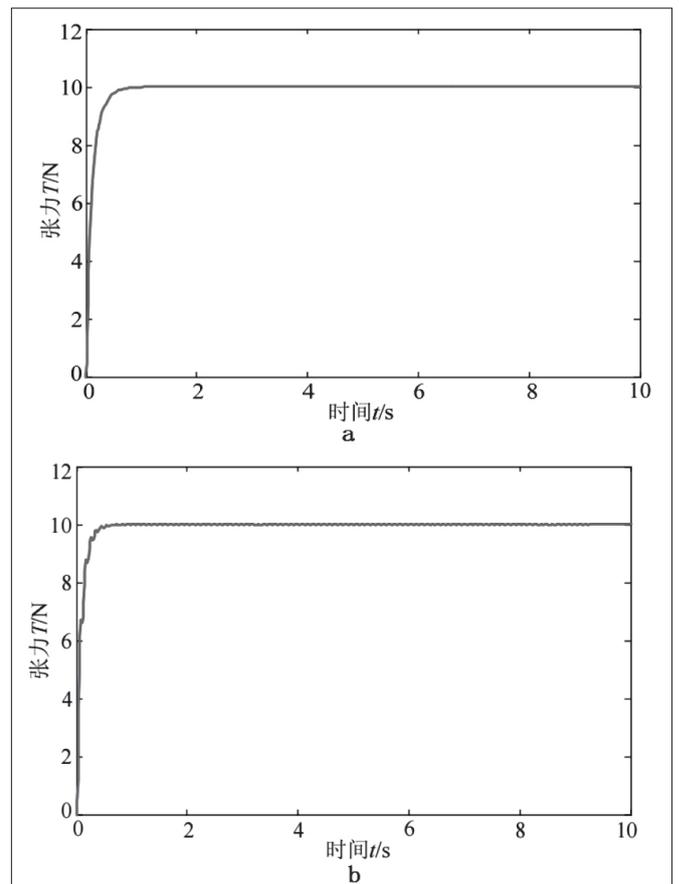


图 1 常规与参数变化时 PID 控制下张力响应曲线

固定参数的常规PID控制器进行张力控制的控制效果变差,张力响应曲线不稳定,发生抖动,不能达到控制系统的稳定要求。

常规PID控制器的控制参数是针对某一特定工作点进行整定的,参数确定以后固定不变,不会随着张力控制系统参数的变化而进行调整,不具有适应性。然而吹膜机卷取过程中卷材半径是时刻变化的,采用常规PID控制器对张力系统进行控制,其控制效果不理想,张力曲线发生抖动,很可能造成薄膜卷取不整齐,或者使薄膜发生断裂,影响生产效益。基于上述原因,寻找一种更好的控制方法设计张力控制器十分必要。

2 模糊自适应整定PID控制原理

模糊自适应整定PID控制系统结构由模糊自适应整定PID控制器和被控对象两部分组成。模糊自适应整定PID控制器由模糊推理和常规PID控制器组成。从实质上讲,模糊推理也是一个控制器,只是它的输出用来在线整定常规PID控制器的控制参数,使其具有一定的自适应能力,从而间接实现对被控对象的控制,而不是将输出直接作用于被控对象对其形成控制。模糊推理根据系统的实时误差和误差变化率在线调节常规PID控制器的控制参数,使其动态响应性能得到改善,提高被控对象非线性、耦合性、时变性的适应能力。

从控制系统稳定性、准确性、快速性等方面考虑,比例系数的作用是加快系统的响应速度,提高系统的调节精度;积分系数可以用来消除系统的稳态误差;微分系数可以用来改善系统的动态性能,抑制偏差变化,并可以提前预报偏差变化。当系统误差较小时,应适当加大控制器的比例系数和积分系数;当系统误差和误差变化率适中时,应适当降低比例系数,而积分系数和微分系数的取值应该适中,以减小系统的超调量;当系统误差较大时,应取较大的比例系数、较小的积分系数,以达到加快系统响应速度的目的。

3 控制系统设计

模糊推理根据系统的实时误差和误差变化率在线调节常规PID控制器的控制参数,使其动态响应性能得到改善,提高了对被控对象非线性、耦合性、时变性的适应能力。模糊推理设计步骤如下。

3.1 编辑FIS文件

在MATLAB的Command Window窗口键入fuzzy打开FIS编辑器,在FIS编辑器中编辑模糊控制器,使其具有2个输入变量和3个输出变量,并将2个输入变量分别命名为E和EC,3个输出变量分别命名为kp、ki和kd。设置FIS系统为mamdani型,将创建的系统在菜单File中以PID作为文件名保存起来。

3.2 编辑隶属度函数

在FIS编辑器中双击输入变量E的图框,进入隶属度函数编辑器。

设输入变量E的论域为[-1010]。该论域内含有7个trimf型的隶属度函数,分别命名为NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PB,代表负大、负中、负小、零、正小、正中、正大,其参数分别为[-13.35-10-6.667]、[-10-6.667-3.335]、[-6.667-3.3350]、[-3.33503.333]、[03.3336.665]、[3.3336.66510]、[6.6651013.35]。

设输入变量EC的论域为[-150150]。该论域内含有7个trimf型的隶属度函数,分别命名为NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PB,代表负大、负中、负小、零、正小、正中、正大,其参数分别为[-200.2-150-99.98]、[-150-99.98-50]、[-99.98-500]、[-50050.02]、[050.0299.96]、[50.0299.96150]、[99.96150200.2]。

设输入变量kp的论域为[1000200000]。该论域内含有7个trimf型的隶属度函数,分别命名为NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PB,代表负大、负中、负小、零、正小、正中、正大,其参数分别为[-32170100034170]、[10003417067330]、[3417067330100500]、[67330100500133700]、[100500133700166800]、[133700166800200000]、[166800200000233200]。

设输入变量ki的论域为[3001000]。该论域内含有7个trimf型的隶属度函数,分别命名为NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PB,代表负大、负中、负小、零、正小、正中、正大,其参数分别为[183.3300416.7]、[300416.7533.3]、[416.7533.3650]、[533.3650766.7]、[650766.7883.3]、[766.7883.31000]、[883.310001117]。

设输入变量kd的论域为[40009000]。该论域内含有7个trimf型的隶属度函数,分别命名为NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PB,代表负大、负中、负小、零、正小、正中、正大,其参数分别为[316740004833]、[400048335667]、[483356676500]、[566765007334]、[650073348167]、[733481679000]、[816790009838]。

3.3 编辑模糊规则

在FIS编辑器中双击规则处理器图框,便可进入规则编辑器。到此完成了模糊推理系统的全部设计工作。在FIS编辑器的File菜单下,通过Export To File子菜单,将整个PID模糊推理系统以文件名PID保存起来,以备后面仿真过程中的调用。

模糊自适应整定PID控制仿真与前面的常规PID控制器作用下的张力控制系统一样,模糊自适应整定PID控制器作用下的张力系统的输入信号也采用阶跃输入信号。当卷材的卷绕半R=0.1m时,模糊自适应整定PID控制器作用下的张力响应曲线如图2(a)所示。

同样,薄膜生产过程中,卷材半径是时刻变化的,当卷材的卷绕半径R=0.2m时,模糊自适应整定PID控制器作用下的张力响应曲线如图2(b)所示。

仿真结果表明,在模糊自适应整定PID控制器作用下,当卷材的卷绕半径发生变化时,模糊推理完成了常规PID

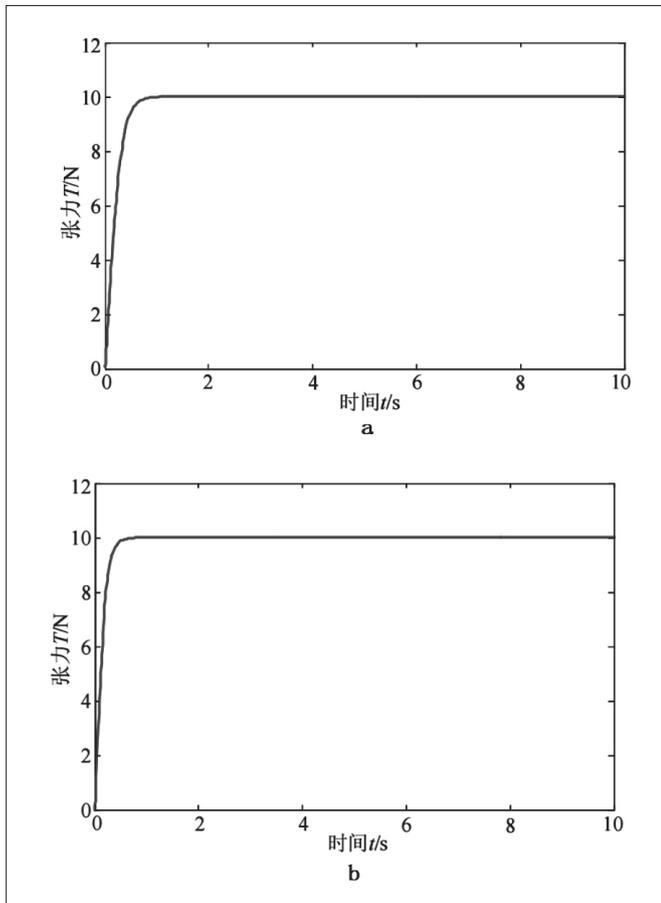


图2 模糊自适应整定与参数变化时模糊自适应整定PID控制下张力响应曲线

控制器参数的自适应整定过程,使张力系统的输出曲线很稳定,满足张力系统的控制要求,达到了维持张力恒定的

目的。

综合图1、图2可知,塑料薄膜卷取过程中,常规PID控制不能达到理想的控制效果,当卷材半径发生变化时,在常规PID控制器控制下的系统发生抖动,影响薄膜的收卷质量;模糊自适应整定PID控制器作用下,当薄膜的卷取半径发生变化时,张力系统工作依然很平稳,达到了恒定张力控制的目的。由此可见,模糊自适应整定PID控制器的设计合理,很好地达到了张力控制的任务。

4 结语

本文首先介绍常规PID控制基本原理,并对其控制下的张力系统进行仿真,表明被控系统参数变化时,常规PID控制效果不理想;其次介绍模糊控制发展应用以及模糊自适应整定PID控制基本原理,设计模糊推理控制器;最后,对模糊自适应整定PID控制下的张力系统仿真,结果显示被控系统参数变化时,系统仍可以维持稳定运行。

参考文献:

- [1] 王树源,吴彦明.中心加表面收卷在吹膜机上的应用优势及调校经验[J].橡塑技术与装备,2021,47(16):50-53.
- [2] 尹方超.基于Matlab的吹膜机薄膜张力控制系统的建模与仿真[J].塑料科技,2020,48(09):119-122.
- [3] 索小娟,岳丽敏.新型双模糊PID算法在塑料吹膜机控制系统中的应用[J].塑料科技,2020,48(10):100-103.
- [4] 胡建玲.吹膜机张力系统建模与控制策略研究[D].燕山大学,2012.

作者简介:黄新(1977.02-),男,广东茂名人,大专,研究方向:塑料编织设备技术创新与产品研发。

