

基于 AMESim 和 Matlab/Simulink 联合仿真的模糊 PID 控制气动伺服系统研究

巴少男 袁锐波 刘 森 张 鹏 何 敏 张宗成

(昆明理工大学机电工程学院流体控制工程研究所,昆明 650093)

摘 要 在 AMESim 中建立气动伺服阀控非对称缸的系统模型。以 S 函数的形式导入到 Simulink 中的模糊 PID 控制系统模型中,进行 AMESim 和 Matlab/Simulink 联合仿真研究。与无 PID 控制的同一系统的 AMESim 仿真结果进行对比分析,模糊 PID 控制改善气动伺服系统的响应性能。

关键词 AMESim Matlab/Simulink 模糊 PID 气动伺服系统 联合仿真

中图法分类号 TP391.9; **文献标志码** A

Matlab/Simulink 是动态系统仿真领域中著名的仿真集成环境,具有强大的计算能力。AMESim 是具有图形化环境的高级仿真软件,具有丰富的模型库,可以快速建立系统模型。

采用 AMESim 与 Simulink 联合仿真平台,利用两种软件各自的优点对气动伺服系统进行联合仿真。

1 联合仿真的实现^[1]

AMESim 与 Simulink 的联合仿真具体的实现过程:在 AMESim 中建立气动系统子模型经过系统编译、参数设置等生成供 Simulink 使用的 S 函数,在 Simulink 环境中,将建好的包含其他 Simulink 模块的 AMESim 模型当作一个普通的 S 函数对待,添加入系统的 Simulink 模型中,从而实现 AMESim 与 Simulink 的联合建模与仿真。

2 气动系统模型

以气动伺服阀控非对称缸为例,针对气动系统

非线性、难以建立精确的模型等特点利用 AMESim 在图形化建模方面的优势,在 AMESim 环境下建立气动系统模型,如图 1 所示。

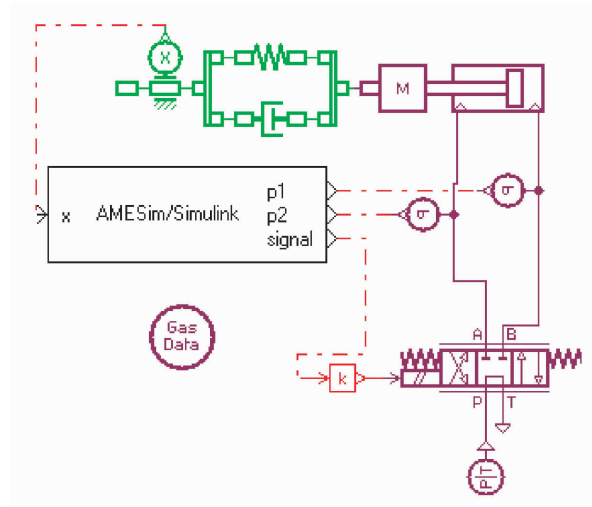


图1 AMESim 环境下的气动系统模型

用来与模糊 PID 控制气动系统进行比较分析的无 PID 控制气动系统模型如图 2 所示。

气缸活塞直径(piston diameter)为 40 mm;气缸行程(length of stroke)为 0.5 m;气缸移动质量块总质量(total mass being moved)为 0.3 kg;气源压力(pressure at port 1)为 1 MPa 了;增益(gain)为 5,其他参数为默认值。

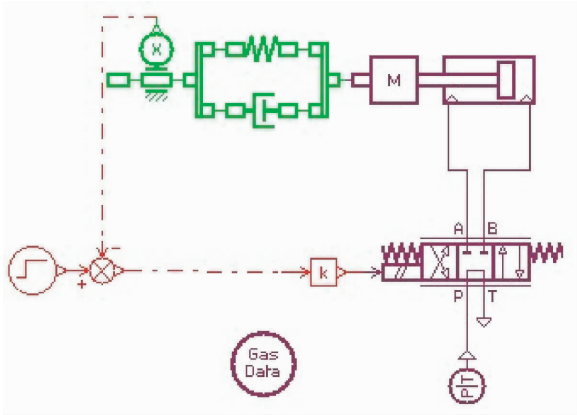


图2 无PID控制气动系统模型

3 模糊PID控制器的设计^[2]

采用二维模糊控制器,以误差 e 和误差变化率 e_c 为输入,修正参数 Δk_p 、 Δk_i 、 Δk_d 和 U 为输出。PID 控制器输出的参数如式(1)所示,式中 k'_p 、 k'_i 、 k'_d 为预整定初值。

$$\begin{cases} k_p = k'_p + \Delta k_p \\ k_i = k'_i + \Delta k_i \\ k_d = k'_d + \Delta k_d \end{cases} \quad (1)$$

控制电压的输出式为式(2), U' 为给定的初始控制电压。

$$U = U' + \Delta U \quad (2)$$

偏差 e 和偏差变化率 e_c 的基本论域均为 $\{1,2,3,4,5,6\}$,控制电压的论域为 $\{1,2,3,4,5,6\}$,修正参数的基本论域为 $\Delta k_i \in [-3,3]$, $\Delta k_d \in [-3,3]$ 。

输入量输出量的模糊集定义为 $\{\text{PS}(\text{正小}), \text{PM}(\text{正中}), \text{PB}(\text{正大})\}$ 。针对不同阶段的 $|e|$ 和 $|e_c|$,参数整定原则如下:

- (1) 被控量接近给定值时,与 $e_c(t)$ 号的积分作用能避免积分超调和振荡,有利于控制,当被控量远离给定值时,与 $e_c(t)$ 相反的比例作用将会减小超调,避免振荡。
- (2) 调节前期, k_p 适当加大, k_i 取较小值或零,可避免超调,提高响应速度;中期 k_p 、 k_i 适中,兼顾稳定性与控制精度;后期 k_p 减小, k_i 适当增大,以消除误差,抑制超调。
- (3) 微分系数 k_d 可抑制被控量变化,缩短调节时间,减小稳态误差,是对 k_p 、 k_i 的补充。

根据以上规则制定出模糊控制规则表,如表 1 所示。

表 1 $\Delta k_p/\Delta k_i/\Delta k_d/\Delta U$ 模糊控制规则

e_c	e		
	PS	PM	PB
PS	PS/PM/PS/PS	PM/PS/PM/PS	PM/PS/PM/PM
PM	PM/PM/PS/PS	PB/PM/PM/PM	PB/PS/PS/PM
PB	PB/PB/PM/PM	PB/PB/PB/PB	PB/PS/PB/PB

4 控制系统仿真

在 Simulink 环境下建立控制系统模型如图 3 所示。构成模糊 PID 控制器的模糊控制器和 PID 控制器分别如图 4 和图 5 所示。输入 PID 的初始参数, $k_p=8$, $k_i=0.5$, $k_d=0.5$ 。

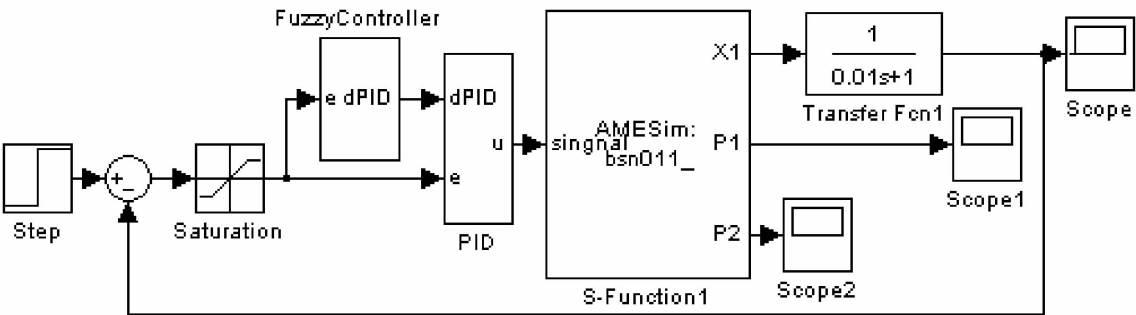


图3 Simulink 环境下的控制系统模型

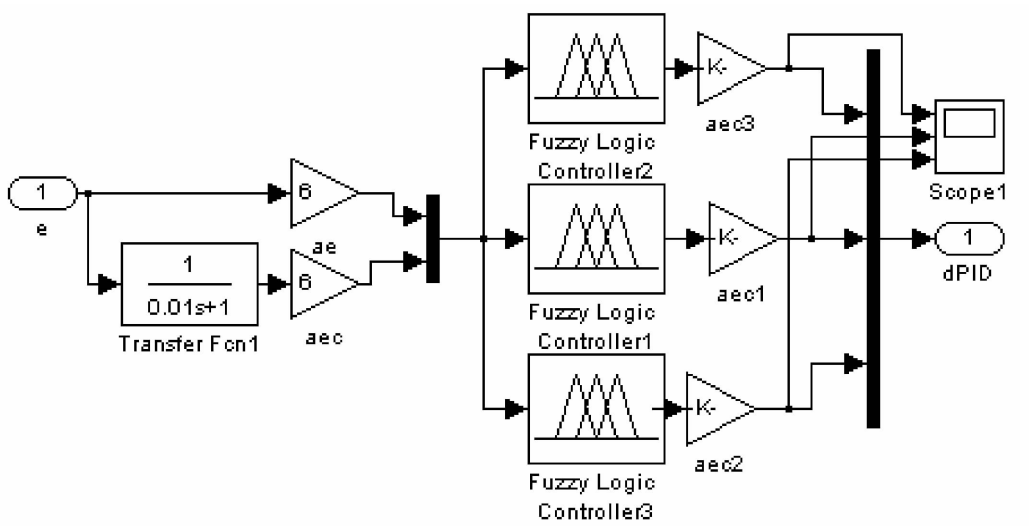


图 4 模糊控制器

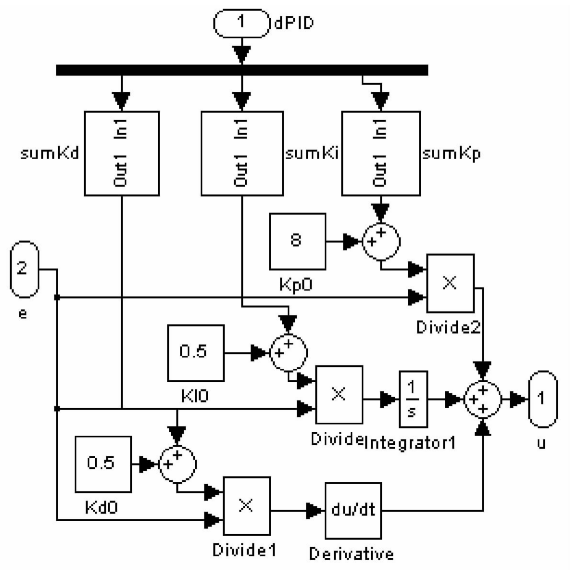


图 5 PID 控制器

通过 MATLAB 的模糊控制工具箱来建立 fis 系统文件。 Δk_d 的模糊工具箱结构如图 6 所示。 Δk_p 、 Δk_i 的模糊工具箱结构与 Δk_d 一样。

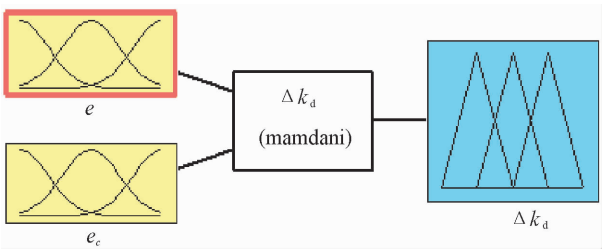


图 6 Δk_d 的模糊工具箱结构

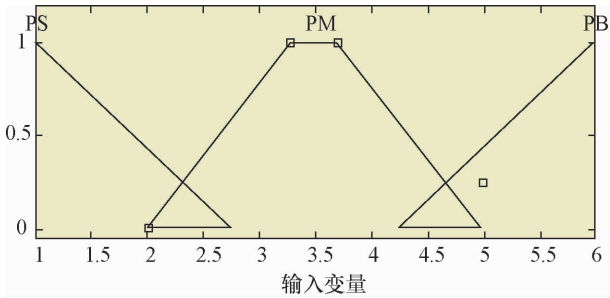


图 7 e 、 e_c 的隶属度曲线

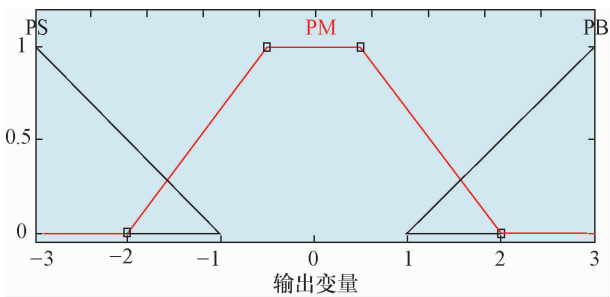


图 8 Δk_p 、 Δk_i 和 Δk_d 的隶属度曲线

4 仿真结果

从图 9 中可以看出,无 PID 校正气缸压力的变化是稳定上升的,但是其上升过程非常缓慢,约 6 s 才达到稳定值。

通过联合仿真,可以在 AMESim 环境下查看模糊 PID 调整下气缸无杆腔的压力。如图 10 所示,模

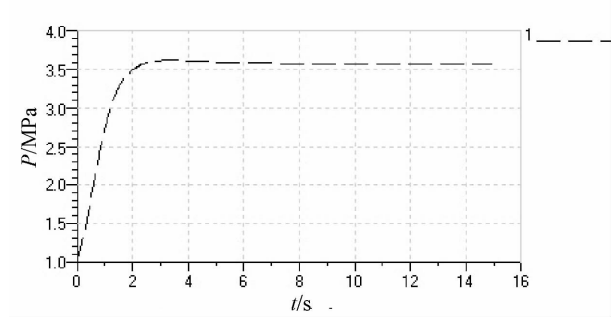


图9 无PID校正的气缸无杆腔压力曲线

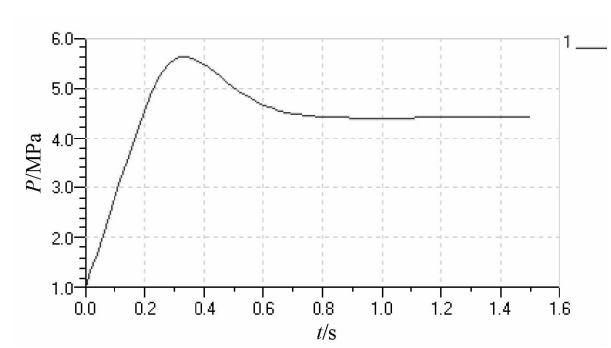


图10 模糊PID调整下气缸无杆腔的压力

糊PID控制较无PID控制系统响应速度大幅度提升,气缸压力的上升时间非常短,约为0.2 s。气缸压力有个明显的超调然后达到稳定值,系统调整时间较短,约为0.7 s。

Co-simulation of Fuzzy PID Control of Pneumatic Servo System Based on AMESim and Matlab/Simulink

BA Shao-nan, YUAN Rui-bo, LIU Sen, ZHANG Peng, HE Min, ZHANG Zong-cheng
(Hydraulic Control Engineering Research Institute, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering,
Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, P. R. China)

[Abstract] AMESim and Matlab / Simulink co-simulation studies are made by creating a pneumatic system of pneumatic servo valve controlling non-symmetrical cylinder in AMESim, importing the pneumatic system into Simulink model of fuzzy PID controller system in the form of S function. Comparison between fuzzy PID controller and no PID controller in the pneumatic servo system in the simulation are made. The results showed that: fuzzy PID controller system significantly improve servo system performance.

[Key words] AMESim Matlab / Simulink fuzzy PID pneumatic servo system co-simulation

5 结论

- (1) 利用 AMESim 与 Matlab/Simulink 联合仿真对气动伺服系统建模仿真解决了在 AMESim 环境下难以实现模糊 PID 控制的问题,同时又避免了在 Simulink 环境下对气动系统进行建模时因简化模型而引起的误差。
- (2) 模糊 PID 控制具有方法简便、调整灵活、实用性强等特点。经过以上仿真可知,通过模糊 PID 控制可以很好地校正系统的输入和 PID 参数,明显提高系统的响应速度,系统的调整时间较短且超调量不大。

参 考 文 献

1 陈宏亮,李华聪. AMESim 与 Matlab/Simulink 联合仿真接口技术应用研究. 流体传动与控制,2006;(1):14—16

2 王小丽,吴张永. 气动手爪夹持力的模糊自适应 PID 控制. 流体传动与控制,2009;(4):40—41