

文章编号:1009-0193(2003)06-0058-04

基于一种新的控制规则基础上的模糊自适应 整定 PID 控制器的设计

郑 重,刘云龙

(贵州工业大学 电气工程学院自动化系,贵州 贵阳 550003)

摘 要:提出一种参数自整定模糊自适应 PID 控制器。利用模糊逻辑控制实现了 PID 控制器参数在线自调整,进一步完善了 PID 控制器的性能,系统的响应速度加快,调节精度提高(调整时间 t_s 从 2 秒缩短到 0.33 秒),稳态性能改善,没有超调和振荡,具有较强的鲁棒性。并把 MATLAB6.2 中的 Fuzzy Logic Toolbox 和 SIMULINK 有机结合起来,方便的实现了该模糊自适应 PID 控制系统的计算机仿真,拓宽了 Fuzzy Logic Toolbox 和 SIMULINK 的应用范围。

关键词:模糊控制;PID 控制;MATLAB;SIMULINK;系统仿真

中图分类号:TP342.3;TP273.2;TP273.4 **文献标识码:**B

0 引 言

常规 PID 控制以原理简单,容易实现,稳态无静差等特点广泛应用于过程控制。但传统的 PID 控制主要是控制具有确切模型的线性过程,只要正确设定参数 K_p 、 K_i 、 K_d ,PID 控制器便可以实现其作用,但是它存在着参数修改不方便、不能进行自整定等缺点。而由于工业对象普遍存在着非线性、时变性等不确定因素,此时 PID 控制效果将难以达到预期的目标。而模糊控制对数学模型的依赖性弱,它不用数值变量而用语言变量描述系统特征,并依据系统的动态信息和模糊控制规则进行推理以获得合适控制量,因此具有较强的鲁棒性,但控制精度却不太理想。

如果能实现 PID 控制器的参数在线自整定,那么就进一步完善了 PID 控制器的性能,以适应控制系统的参数变化和工作变化。本文研究表明,模糊控制和 PID 控制的结合是提高控制性能的有效手段。为提高系统的控制精度和鲁棒性,提出了一种模糊逻辑对 PID 控制器进行在线自调整的方法。

1 模糊自适应整定 PID 控制原理

自适应模糊 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。利用模糊控制规则在线对 PID 参数进行修改,便构成了自适应模糊 PID 控制器,其结构如图 1 所示。

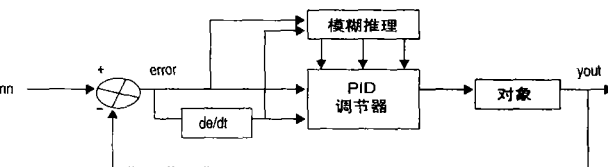


图 1 自适应模糊控制器结构

在本系统中,模糊控制器的设计是关键。它的好坏直接影响到 K_p 、 K_i 、 K_d 的选取,从而影响到系统的控制精度。

2 模糊 PID 控制器的设计

2.1 模糊控制器的设计

(1)输入输出变量的确立

将偏差 e 和偏差变化率 ec 作为模糊控制器的输入,PID 控制器的三个参数 K_p 、 K_i 、 K_d 作为输出。

(2)输入、输出变量的模糊语言描述

输入变量 e 和 ec 的模糊子集为{负大、负中、负小、零、正小、正中、正大},记为{NB,NM,NS,ZO,PS,

收稿日期:2003-09-01

PM,PB},将偏差 e 和偏差变化率 ec 量化到 $(-3,3)$ 的区域内。同时,输出变量 Kp 、 Ki 、 Kd 的模糊子集{零、正小、正中、正大},记为{ZO,PS,PM,PB},将其量化到 $(0,3)$ 的区域内。输入输出变量的隶属函数曲线分别如图2、3、4、5、6所示。

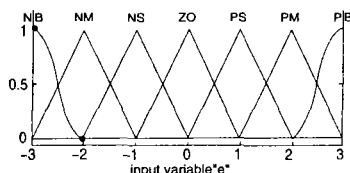


图2 e 的隶属函数

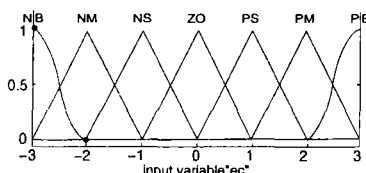


图3 ec 的隶属函数

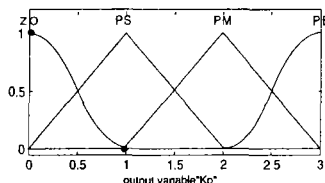


图4 Kp 的隶属函数

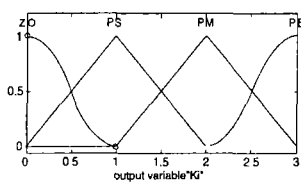


图5 Ki 的隶属函数

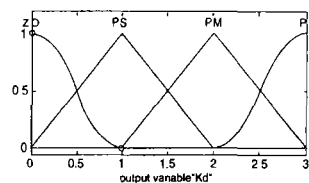


图6 Kd 的隶属函数

(3) Kp 、 Ki 、 Kd 模糊控制规则表(表1)

根据参数 Kp 、 Ki 、 Kd 对系统输出特性的影响,可以归纳出在不同的 e 和 ec 时,被控参数 Kp 、 Ki 、 Kd 的自整定要求,同时将构成的 Fuzzy 控制器置于控制系统中进行大量的仿真实验,观察在一定的 Fuzzy 控制规则下的仿真结果,然后适当地调整控制规则,以达到一定的控制要求,从而可得模糊控制规则:

表1 Kp 、 Ki 、 Kd 模糊控制规则表

Kp	ec							Ki	ec							Kd	ec						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
e	NB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	e	NB	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	e	NB	PS	PS	PS	PS	PS	PS
NM		PM				PM		NM		PS				PS		NM		PM				PM	
NS			PB		PB			NS			PB		PB			NS			PM		PM		
ZO								ZO								ZO							
PS			PB		PB			PS			PB		PB			PS			PM		PM		
PM		PB				PM		PM		ZO				PS		PM		PS				PS	
PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	PB	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS

2.2 模糊控制器的编辑

在 MATLAB 的 Command Window 窗口运行 Fuzzy 函数进入模糊逻辑器,并建立一个新的 FIS 文件,各参数设置如图7所示。这样就建立了一个 FIS 系统文件,取名为 zz.fis。在 MATLAB 的 M 文件编辑器里建立一个名为 zzipid.m 的文件,其内容为: matrix = readfis('zz.fis');这样就完成了模糊工具箱同 SIMULINK 的连接,为整个控制系统的建立打下了基础,如图7所示。

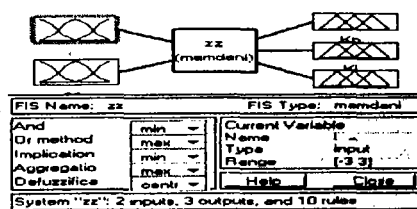


图7 模糊控制器的编辑

2.3 PID 控制器的建立

本系统中的 PID 控制器有 5 个输入量: e 、 ec 、 Kp 、 Ki 、 Kd ,而输出即为控制量 $U(n)$,它的控制算法为:

$$U(n) = Kp\{e(n) + T/Ti \sum_{i=1}^n e(i) + Td/T[e(n) - e(n-1)]\}$$

$$= Kpe(n) + Ki \sum_{i=1}^n e(i) + Kd\{[e(n) - e(n-1)]\}$$

其中, $U(n)$ 、 $e(n)$ 分别为第 n 个采样时刻控制器输出(控制量)和输入量(偏差信号), Kp 为比例增益, Ti 、 Td 分别为积分、微分时间常数, T 为采样周期, $Ki = KpT/Ti$, $Kd = KpTd/T$ 。根据以上数学模型,在 SIMULINK 里面很容易建立起 PID 控制器模型。

3 利用 SIMULINK 对控制系统仿真

在 SIMULINK 的菜单中,我们选择 Fuzzy Logic Toolbox 中的 Fuzzy Logic Controller 模块,并键入名字 matrix. 在这基础上,我们加上量化因子 K_p 、 K_i 、 K_d 、 U_p 、 U_i 、 U_d . 这样,符合我们要求的模糊控制器便建立起来了。模糊控制器和 PID 控制器的结构如图 8 所示。

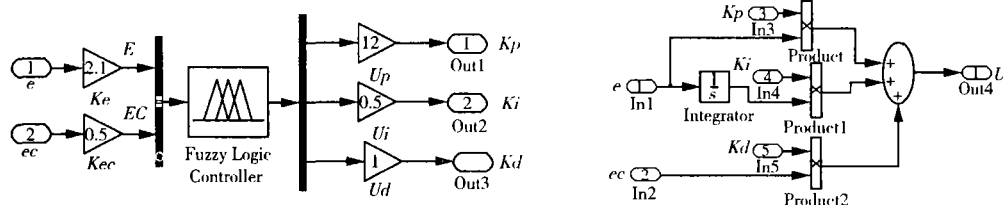


图 8 模糊控制器、PID 控制器

将模糊控制器和 PID 控制器分别打包后连在一起便构成了复合控制器,将二者打包、封装后便可得图 9 所示的自适应模糊 PID 控制器。

在 SIMULINK 环境中利用鼠标器将相应的模块拖到窗口中,连接后便得到整个控制系统的模型,可以根据输出结果来判断本控制器的性能。

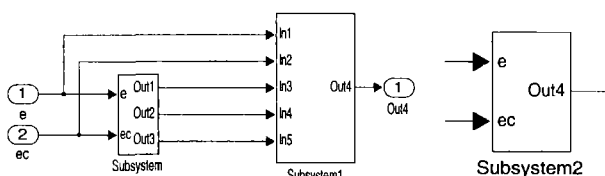


图 9 自适应模糊 PID 控制器的封装图

4 结 论

仿真结果表明[注:仿真模型 $20/(1.6s^2 + 4.4s + 1)$, 采样时间单位为秒,控制系统仿真见图 10.],未加 Random Number 时原系统有静差,有超调和振荡;在加 Random Number 时原系统有较大超调和振荡;而不论是否加 Random Number,采用本文提出的模糊自适应 PID 控制器,系统的响应速度加快、调节精度提高、稳态性能变好,而且没有超调和振荡,具有较强的鲁棒性。见图 11、12。

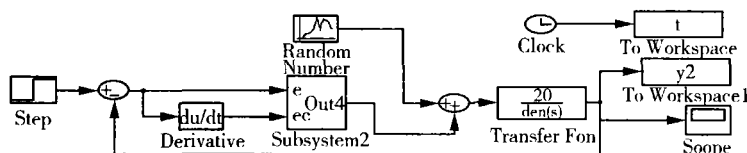


图 10 自适应模糊 PID 控制系统仿真

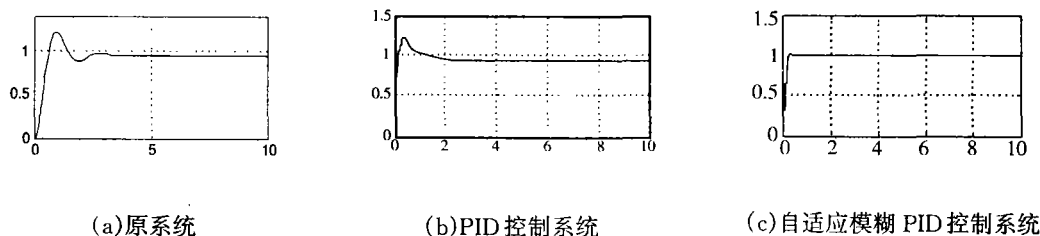


图 11 未加 Random Number 的响应曲线

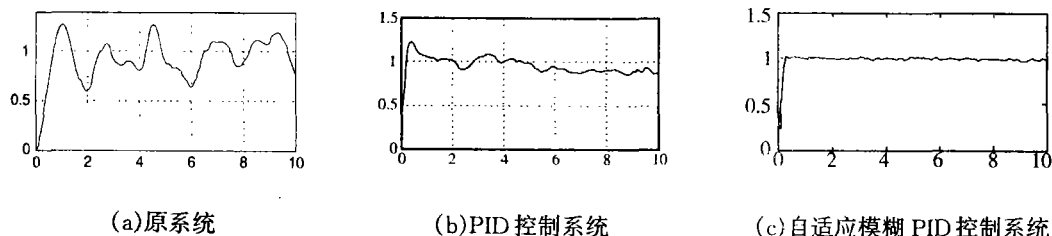


图 12 加 Random Number 的响应曲线

实践证明, Fuzzy Logic Toolbox 可以方便地通过编辑 FIS 文件来设计模糊控制器, 可以灵活地设定和修改控制器参量, 从而找到最优方案。而 SIMULINK 可以非常直观的构造控制系统并观察其结果。实验结果表明, MATLAB 中的工具箱和 SIMULINK 是进行计算机仿真的有力工具。

参考文献:

- [1] 陶永华, 尹怡欣, 葛芦生. 新型 PID 控制及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [2] 诸静. 模糊控制原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [3] 刘金琨. 先进 PID 控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [4] 黄忠霖. 控制系统 MATLAB 计算及仿真[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [5] 侯北平, 卢佩, 付连昆. 自适应模糊 PID 控制器的设计及基于 MATLAB 的计算机仿真[J]. 天津轻工业学院学报, 2001, 4(12): 31-35.

Design of Fuzzy Self-Adaptive PID Controller Based on a New Control Rule

ZHENG Zhong, LIU Yun-long

(Department of Automation, College of Electrical Engineering, GUT, Guiyang 550003, China)

Abstract: This paper deals with the self-adaptive fuzzy PID controller. The control rule is designed to realize the parameter's self-adaption of PID controller by using fuzzy logic control. The control system has a higher precision and a response speed with the self-adaptive time being reduced from 2 second to 0.33 second. The performance of the endpoint is improved and it has better robot with no exceeding the expected area of fuzzy control. This self-adaptive fuzzy PID control system is an organic combination of Fuzzy Logic Toolbox and SIMULINK, its computer simulation is convenient, and it will widen the application of MATLAB.

Key words: fuzzy control; PID control; MATLAB; SIMULINK; system simulation

(上接 57 页)

参考文献:

- [1] 贵州以太公司. YT0-101 技术说明书[R]. 贵阳: 贵州以太科技发展有限公司, 2002.
- [2] 贵州以太公司. 家庭控制网通信协议规范[R]. 贵阳: 贵州以太科技发展有限公司, 2002.
- [3] 张培仁. 基于 C 语言编程 MCS-51 单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [4] 潘新民. 微型计算机控制技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [5] 张树兵, 戴红. Visual Basic 6.0 入门与提高[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [6] 阳宪惠. 现场总线技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.

Research about Communication System between PC and Single Chip Computer Based on YT0-101 Bus

JING Tao, FENG Ji-ying

(College of electrical Engineering, GUT, Guiyang 550003, China)

Abstract: On the basis of researches on YT0-101 communication interface circuit and communication protocol, a method and principle of designing etech-bus software and hardware about serial communication between PC and 8051 single chip computer is discussed. Some interface programmes about single chip computer and YT0-101 bus are provided.

Key words: communication interface circuit; single chip computer; communication protocol; C51; bus