

# 基于 MATLAB 模糊逻辑工具箱的模糊控制系统仿真

石家庄铁道学院电子工程系(050043) 亢海伟 杨庆芬 王硕禾

**摘要:** 介绍了用 MATLAB5.1 模糊逻辑工具箱设计模糊控制器,并用 SIMULINK 进行仿真的一般方法。该方法具有简便、直观、高效的特点。最后给出仿真结果。

**关键词:** MATLAB 软件 模糊控制 计算机仿真

1964 年美国的 L.A.Zadeh 教授创立了模糊集合理论,1974 年英国的 E.H.Mamdani 研制出第一个模糊控制器。模糊控制不需要了解对象的精确数学模型,根据专家知识进行控制,近十年来得到了广泛的应用。

模糊控制器的设计参数主要有:各输入、输出变量模糊子集的隶属度函数,模糊控制规则,输入输出变量的比例变换因子等。要依据设计者的经验和反复调试才能设计出一个比较好的模糊控制器。预先采用计算机仿真方法可尽快了解模糊控制的特性,可缩短设计周期。

二维模糊控制器应用较为广泛。偏差和偏差变化作为模糊控制器的两个输入量。先对它们进行模糊量化处理,得到模糊变量 E 和 EC,按模糊控制规则进行模糊决策得到模糊控制量 U,再经过解模糊和比例变换得到实际控制量输出。如图 1。

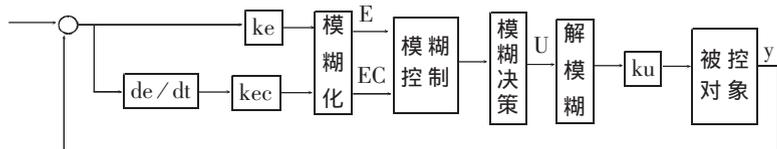


图 1 模糊控制原理图

MATLAB 软件提供自动控制、信号处理、神经网络、模糊逻辑、小波分析、图象处理等诸多工具箱,功能强大应用广泛。本文介绍用 MATLAB5.1 的模糊逻辑工具箱(Fuzzy Logic)设计模糊控制器,并用 MATLAB 的 SIMULINK 进行仿真的方法。

## 1 用 MATLAB 模糊逻辑工具箱设计模糊控制器

### 1.1 隶属度函数的建立

若取 E、EC、U 的论域均为{-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6},其模糊子集都为{NB,NM,NS,ZO,PS,PM,PB}。共有 49 条模糊控制规则。

在 MATLAB 中键入命令 FUZZY,进入模糊逻辑编辑窗口 FIS Editor。建立 E、EC、U 的隶属度函数,有三角形、高斯形、梯形等 11 种可供选择,在此选常用的三角形(trimf)隶属度函数。图 2 为 E 的隶属度函数。

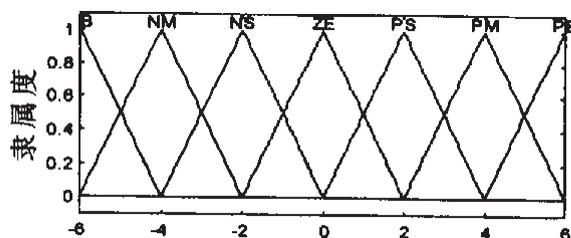


图 2 E 的隶属度函数

### 1.2 模糊控制规则及决策方法

控制规则是对专家的理论知识与实践经验的总结。共有 49 条规则,如表 1 所示。

表 1 模糊控制规则表

U \ EC	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PB	PM	ZO	ZO
NM	PB	PB	PB	PB	PM	ZO	ZO
NS	PM	PM	PM	PM	ZO	NS	NS
ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZO	NM	NM	NM	NM
PM	ZO	ZO	NM	NB	NB	NB	NB
PB	ZO	ZO	NM	NB	NB	NB	NB

在 Rules Editor 窗口中输入这 49 条控制规则。例如:

if E is NB and EC is PS then U is PM

模糊决策一般采用 Mamdani's(min-max)决策法。解模糊有重心法、等分法、最大隶属度平均法等 5 种可供选择,在此采用重心法(centroid)。

如此设计的模糊控制器的输出与输入的关系曲面图如图 3 所示。显然模糊控制是一种非线性控制。

## 2 SIMULINK 仿真及参数的调整

MATLAB 提供的 SIMULINK 是一个用来对动态系统进行建模、仿真和分析的软件包,它支持连续、离散及两者混合的线性和非线性系统。SIMULINK 包含多个子模型库,每个子模型库中又包含多个功能模块。利用鼠标可直观地“画”出系统模型,然后直接进行仿真。仿真时可选择各种数值算法、仿真步长等重要参

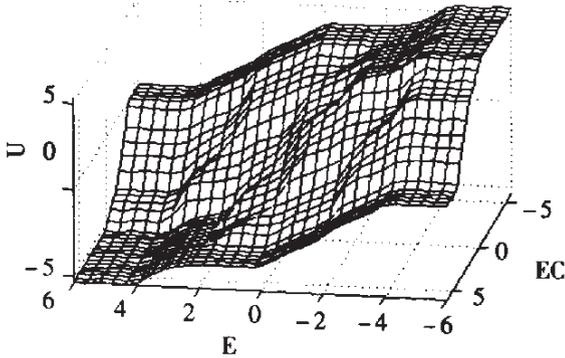


图3 模糊控制输入输出曲面图

数, 并可用模拟示波器将仿真动态结果予以显示, 直观高效。

图4为在SIMULINK环境下, 模糊控制器与一阶滞后被控对象组成的采样控制系统的仿真结构图。

如果仿真的控制效果不满意, 一般首先调整比例变换因子 $k_e$ 、 $k_{ec}$ 及 $k_u$ , 再调整模糊控制规则和隶属度函数。

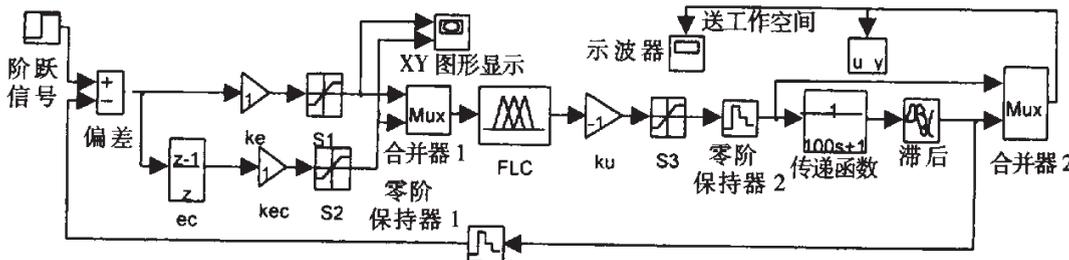


图4 SIMULINK环境下建立的模糊控制系统

### 3 仿真结果

被控对象为  $G(s) = e^{-20s} / (100s + 1)$ , 采样周期  $5s$ 。通过仿真可看出一般的模糊控制器相当于非线性的PD控制, 无积分作用, 有静差; 在比例变换因子中  $k_u$  对系统稳定性影响最大, 过大时系统失稳。图5为系统阶跃输入下被控对象的输出响应曲线。

如把模糊控制器的输出作为控制量的增量输出, 就可消除静差, 但这时  $k_u$  应很小, 否则会使系统不稳定。图6为输出的响应曲线及控制量变化曲线。

计算机仿真试验对实际控制有重要指导意义。由上述模糊控制器的设计和仿真过程可看出 MATLAB 的模糊逻辑工具箱及 SIMULINK 有如下特点:

- 可灵活地设计模糊控制器。在模糊逻辑工具箱中能方便地修改输入输出的论域、模糊子集、隶属度函数、模糊控制规则、模糊决策方法及解模糊方案, 然后仿真找到较佳的控制方案;

- 可直接计算出模糊控制表, 供单片机进行实际控制时使用。而人工计算此表非常繁琐;

- 在 SIMULINK 环境下, 可组成更复杂的控制系统。如对象为时变、非线性, 控制器为模糊与 PID 的混合形式。

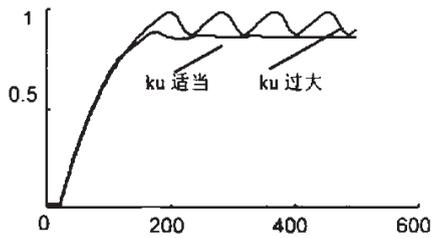


图5 输出响应曲线

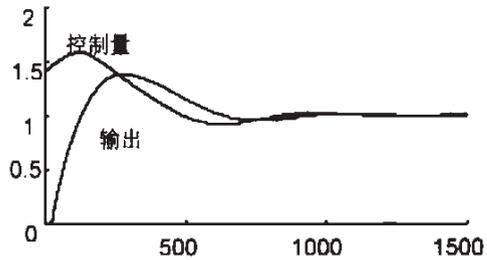


图6 输出响应曲线及控制量变化曲线

### 参考文献

- 1 何克忠, 李伟. 计算机控制系统. 北京: 清华大学出版社, 1998
- 2 孙增圻. 智能控制理论与技术. 北京: 清华大学出版社, 1997
- 3 施阳. MATLAB 语言精要及动态仿真工具 SIMULINK. 西安: 西北工业大学出版社, 1998

(收稿日期: 1999-08-18)

## 北京中石电子有限公司 ——资深的 EMC 专业产品供应商

1、EMC 电源滤波器专门为电子设备通过国际和国内电磁兼容标准中传导干扰测试而设计, 分为工业用和军用。品种齐全, 外型多样, 主要有: 单相滤波器、直流滤波器、三相滤波器、抗尖峰滤波器, 更有专为数字设备通过 IEC61000-4 快速脉冲群测试专制滤波器, 共计 100 多个品种, 电流规格从 500mA~150A。

2、EMI 干扰抑制元件用于印制板和互连线干扰抑制, 可有效抑制干扰产生和大大提高设备抗干扰能力。特别在防止 CPU 死机、误码、复位等方面特殊功效。

3、导热/绝缘材料: 您在电力、电子工程设计中, 会受到从普通三级管, 大功率器件到复杂 IC 芯片各种复杂散热问题的困扰。本公司为您提供世界上广泛使用、并在行业中倍受青睐的优质品牌的导热和绝缘材料。

4、本公司严格执行质量控制流程, 公司通过 ISO9001 国际质量体系认证; 自主研发的 EMC 电源滤波器通过美国 UL 认证, 认证号 E182700。强劲开发和制造能力可适应不同用户的特殊要求。

## 北京中石电子有限公司

地址: 北京朝阳区马甸裕民路 12 号  
华展国际公寓 A 座 1106 号 邮编: 100029  
电话: 010-62040538 传真: 010-62368464

# 基于MATLAB模糊逻辑工具箱的模糊控制系统仿真

作者: 亢海伟, 杨庆芬, 王硕禾  
作者单位: 石家庄铁道学院电子工程系, 050043  
刊名: 电子技术应用 ISTIC PKU  
英文刊名: APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
年, 卷(期): 2000, 15(2)  
被引用次数: 27次

## 参考文献(3条)

1. 何克忠, 李伟 计算机控制系统 1998
2. 孙增圻 智能控制理论与技术 1997
3. 施阳 MATLAB语言精要及动态仿真工具SIMULINK 1998

## 相似文献(10条)

### 1. 学位论文 刘阳 模糊控制在加热窑温度控制中的研究及应用 2004

本文以北新集团2000年初新建水泥外墙板(GRC)厂中加热炉控制系统为硬件平台,研究了模糊控制技术在加热炉温度控制中的应用问题,针对加热炉生产工艺的要求运用模糊控制理论设计开发了新型温度控制系统。首先,本文介绍了在设计、调试模糊控制器的过程中,运用MATLAB软件中的模糊控制工具箱代替手工设计、调试模糊控制器,对于两输入单输出结构的模糊控制器,传统设计方法是首先根据现场控制经验制定模糊规则,然后设计者根据自己在模糊控制的经验设计模糊控制器的参数和模糊语言变量的隶属函数,而使用MATLAB软件就可以在计算机上对模糊控制系统进行设计、仿真,改变模糊控制器模糊规则和隶属函数的参数,观察仿真结果,以寻求好的系统结构参数,提高了设计效率。本文还探讨了哪些参数对模糊控制系统的特性具有重要影响。其次,本文还试图用可编程控制器(PLC)实现模糊控制。传统的可编程控制器结构简单,功能单一,多用于开关量的控制。当今随着微电子技术的发展,可编程控制器已具备了更高的性能,运算速度也大大提高,完全可以负担一部分复杂运算的任务。本文采用离线计算模糊控制表,PLC在线查表的方法对加热炉温度实施模糊控制。最后,总结了本文的工作,并指出进一步的研究方向。

### 2. 期刊论文 刘伟, 胡忠臣, 徐玲艳, LIU Wei, HU Zhong-chen, XU Ling-yan 基于MATLAB软件的防抱死刹车系统模糊控制 -江苏电器2008(6)

设计了一个模糊逻辑控制器,应用于防抱死刹车系统(ABS)的模型中。根据模糊控制中的方法与策略,利用MATLAB软件中模糊逻辑工具箱进行模型设计。仿真了一辆汽车在急刹车情况下的动力学特性,结果表明,运用模糊推理系统设计的模糊逻辑控制器得到了较好的控制效果,能够很好地地完成所要求的任务。

### 3. 学位论文 欧林林 污水处理中溶解氧模糊控制的研究 2003

该文介绍了污水处理控制系统的国内外发展状况;论证了模糊控制系统的实用性;针对污水处理中溶解氧的变化无规律可循的特征,设计了一套以溶解氧浓度为控制对象的模糊控制系统。整个控制系统由模糊控制器、鼓风机系统、变频调速装置和溶解氧测试仪组成。所设计的模糊控制器是一个以AT89C51单片机为核心,引入积分环节的二维模糊控制器。用MATLAB软件离线生成了在控制中起重要作用的模糊控制表;通过对模糊控制器的软硬件的设计、调试和仿真,得到了预期的效果;并对影响其性能的量化因子进行了理论分析。溶解氧模糊控制系统为污水处理的溶解氧浓度的自动控制提供了一条切实可行的途径。

### 4. 会议论文 薛红, 周丽 神经网络-模糊控制电冰箱的仿真研究 2004

介绍了MATLAB软件的仿真技术在神经网络-模糊控制电冰箱的仿真研究中的应用,并用汇编语言编程实现了制冷目标温度和制冷过程的模糊控制,以及神经网络在预冷和化霜等智能控制中的应用,进一步提高了电冰箱的智能化水平。

### 5. 学位论文 刘东利 温室温度的神经网络模糊PID控制算法及其仿真研究 2006

温室智能控制系统是一种资源节约型的高效农业技术。要提高测控系统的性能除了硬件系统以外,控制算法也不可缺少。只有采用合理的控制算法,才能使温室环境的综合因子达到最优的控制效果,才能使温室控制系统达到智能化的水平。本文以温室温度为研究对象,对受随机因素干扰的、具有大惯性、纯滞后的非线性分布参量的随机过程进行了研究。文中着重研究了神经网络、模糊系统、PID控制方式,提出了一种复合式控制方案—神经网络模糊PID控制算法,并将此算法与PID控制、模糊PID控制进行了仿真比较。本文的主要研究内容如下几个方面:

- 1、针对PID控制、模糊控制和神经网络控制的特点,提出了神经网络模糊PID控制算法。
- 2、对新的控制算法进行计算,得出各步骤地计算公式。
- 3、根据控制算法流程图,用Matlab编写程序实现其过程。

4、在MATLAB环境中,编写PID、模糊PID控制算法程序实现其控制。并且和新的控制算法进行仿真比较。结果表明本文所提出的算法比前两种方法都具有较好的动、静态特性、鲁棒性和抗干扰性,而且系统设计方法简单,能方便地用于实际控制中。

### 6. 期刊论文 刘革辉, 单杰峰, 郑楚光, Liu Gehui, Shan Jiefeng, Zheng Chuguang Matlab软件中的Fuzzy Logic工具箱在模糊控制系统仿真中的应用 -计算机仿真2000, 17(5)

该文根据作者对Matlab仿真软件包的应用研究,阐述了如何在Matlab软件中利用Simulink平台和Fuzzy Logic工具箱实现模糊控制系统的设计、仿真和动态性能分析,并以电站汽温过程控制为例进行了仿真研究,结果表明利用Matlab进行模糊控制系统仿真快速简单精确,可视化强,完全能够满足工程技术人员的要求。

### 7. 会议论文 刘绍鼎, 梁铁城, 姜长洪 基于模糊规则参数自整定PID控制器的设计 2006

论述了一种基于模糊规则参数自整定PID控制器的设计方法,即以模糊控制来自适应调节比例、积分、微分的作用。并通过MATLAB/SIMULINK仿真,仿真结果表明该控制器与传统PID控制器相比较,具有自适应性强、调节时间短和鲁棒性好的优点。

### 8. 学位论文 杨文 基于模糊离散事件系统的交叉口信号控制及仿真研究 2007

交通信号的急剧增加和交通流的日益复杂,时常引起信号交叉口处的交通拥堵,已成为城市交通的主要瓶颈。在城市交通控制系统中,利用传统控制方法(定时控制、感应控制)进行交通信号控制研究较多,也取得一定成效,但对于进一步处理复杂时变的城市交通状况则不够有效。

本文正是针对这一问题,根据交通系统复杂性、随机性和难以用精确的数学模型来描述的特点,利用模糊离散事件系统(FDES)控制不需要建立精确的数学模型的优势,对四相位的交叉路口,提出基于车辆排队数量和平均延误时间的单点信号交叉口交通实时控制的FDES模型。以FDES的最优控制方法,设计了相应的控制策略,并用Matlab软件对模型进行仿真,仿真结果表明控制效果良好。主要研究内容如下:

- 1、进一步完善FDES的基本理论,对FDES状态转移进行了进一步的研究,对FDES状态转移定理进行了完善和补充。为解决离散运算组合复杂性,给出了一种降低合成FDES复杂性的方法。
- 2、在现有的研究基础上,改进了平均延误时间的计算方法,以当前排队车辆的平均延误时间作为衡量相位通行需求的指标之一,使得相位通行需求的计算更为合理。
- 3、以当前通行相位和后继相位的平均延误时间和排队数量作为状态,以未来一段时间内的相应预测值作为事件,建立了基于FDES的交叉口信号控制模型,设计了相位分配器和绿灯延时策略,运用Matlab对模型进行仿真,结果表明了该模型的有效性。
- 4、以绿灯时间为系统状态,车辆的到达和离去作为事件,建立FDES模型,最后对模型进行了仿真,通过仿真结果对交叉口通行能力进行了微观分析,结果表明了FDES对交通信号控制系统建模是适宜的,控制是有效的。

本文提出的基于FDES的交通信号控制方法对提高交叉口的通行能力,缓解城市交通拥堵有一定的现实意义。

### 9. 期刊论文 肖蕙蕙, 李山, 万沛霖, 何莉 开关磁阻电动机的模糊控制系统研究 -微特电机2001, 29(6)

阐述了开关磁阻电动机的模糊控制系统的设计方法,着重介绍了模糊控制器的设计原理,并采用MATLAB软件对SR电动机的模糊控制系统进行了仿真。结果表明:将模糊控制技术应用于SR电动机的调速系统中,可以改善动态性能,得到良好的调速性能。

### 10. 学位论文 张春喜 旋转型垂直式双支点倒立摆的研究 2005

倒立摆系统的控制研究长期以来被认为是控制理论及其应用领域里引起人们极大兴趣的问题。它是检验各种新的控制理论和方法有效性的著名实验装置。作为一个高阶、非线性不稳定系统，倒立摆的稳定控制相当困难，对该领域的学者来说是一个极具挑战性的难题。

本文在阐述了倒立摆系统控制的研究发展过程和现状之后，介绍了旋转型垂直式双支点倒立摆系统的机械结构及控制系统，并详细推导了倒立摆的数学模型，为更高层次的控制规律的研究提供了一个途径。其次，本文主要研究倒立摆系统的各种控制方法，通过比较，提出了一种基于最优控制的T-S模型模糊控制理论，将现代控制理论与智能控制理论相结合，实现了倒立摆系统的稳定控制。最后，采用MATLAB中的Simulink仿真工具箱对倒立摆系统的模糊控制实现仿真，并根据输出曲线效果，验证控制的有效性。

整个论文的完成，以一定的理论研究为基础。既有数学模型的推导，方法理论的探讨，又有实际的设计过程。而且研究对象相当典型，故本课题有着重大的理论意义和实际意义。

## 引证文献(27条)

1. 田国胜, 吴东月, 顾德英 基于以太网的温度控制系统设计[期刊论文]-辽宁科技大学学报 2009(2)
2. 任祖华 基于倒立摆系统的模糊控制教学探讨[期刊论文]-内江科技 2008(9)
3. 陈梅, 杨琳琳, 李鑫, 许正荣 直流调速系统的模糊/PID控制器设计[期刊论文]-自动化技术与应用 2008(2)
4. 陈梅, 杨琳琳, 李鑫, 许正荣 直流调速系统的模糊/PID速度控制器设计[期刊论文]-电气传动自动化 2008(2)
5. 曹社占 舞钢石灰窑结瘤原因分析及其控制系统研究[学位论文]硕士 2007
6. 张海军, 曹坚, 沈剑英 一种新型的模糊控制器研究[期刊论文]-微计算机信息 2006(25)
7. 许万滨 金属带式无级变速器控制系统建模仿真与液压系统研究[学位论文]硕士 2006
8. 印云志 高温持久试验机控制系统研究[学位论文]硕士 2006
9. 张刚 连续退火炉的模糊控制应用[学位论文]硕士 2006
10. 马庆杰 管桁架浮动抱钳液压控制系统的研究[学位论文]硕士 2005
11. 姜建平 注塑成型温度智能监控系统研究与开发[学位论文]硕士 2005
12. 曾晨 平面破坏型岩质边坡稳定可靠度研究及其应用[学位论文]硕士 2005
13. 朱腾 基于MPPT的光伏电池电力应用系统的研究与设计[学位论文]硕士 2005
14. 赵旎, 付春仙 一种基于设定值迁移的模糊温度控制系统[期刊论文]-洛阳工业高等专科学校学报 2004(3)
15. 周致远, 戴剑勇 模糊控制系统及其在露天采矿成本优化中的应用[期刊论文]-矿冶 2004(2)
16. 王毅, 马晓茜, 廖艳芬 垃圾焚烧炉的分层模糊控制系统[期刊论文]-工业炉 2004(6)
17. 程远航 倒立摆系统的智能控制研究[学位论文]硕士 2004
18. 罗晓东 倒立摆网络实验系统的研究[学位论文]硕士 2004
19. 瞿少成 Simulink 中信号源模块的应用与扩展[期刊论文]-实验室研究与探索 2003(6)
20. 刘桂英 基于两种不同算法的ANFIS在非线性系统中的建模[期刊论文]-上海电机技术高等专科学校学报 2003(4)
21. 戴剑勇, 杨仕教 中深孔穿爆技术经济参数间的模糊系统设计及应用分析[期刊论文]-南华大学学报(理工版) 2003(1)
22. 全杰, 秦世引, 段建民 基于Matlab命令方式的模糊控制系统仿真及可视化实现[期刊论文]-计算机仿真 2002(3)
23. 周俊霞, 边立秀, 葛建宏 锅炉燃烧过程的Smith-Fuzzy集成控制[期刊论文]-电力情报 2002(3)
24. 白建云, 杨晋萍 电厂汽温控制对象的模糊控制系统仿真[期刊论文]-电力学报 2002(2)
25. 沈舒骋 车辆动力学控制系统半实物仿真研究[学位论文]硕士 2002
26. 申越, 王静滨, 陈亢, 何清华 基于SIMULINK的电视跟踪模糊控制器的仿真研究[期刊论文]-火力与指挥控制 2001(3)
27. 李超, 陈煜 制冷压缩机性能试验台冷却水量模糊控制研究[期刊论文]-甘肃工业大学学报 2001(4)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dzjsyy200002015.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dzjsyy200002015.aspx)

授权使用: 中南大学(zndx), 授权号: 668f6f3d-d747-47d7-86ea-9eaf00d86db3

下载时间: 2011年3月23日