

文章编号: 1671-6612 (2019) 04-433-4

变频空调房间温度模糊控制的仿真研究

曹振华

(陕西国防工业职业技术学院 西安 710300)

【摘要】 利用 Matlab 软件中的模糊工具箱和 Simulink 仿真工具对变频空调器的温度进行模糊控制器设计并仿真。通过仿真模拟发现变频空调器的温度控制采用单纯的模糊控制虽鲁棒性较强, 但存在稳态误差, 以后可考虑研究采用模糊 PID 控制器, 将两者有力的结合起来, 使其达到更快的动态响应、更小的超调。采用该仿真工具其方法简单可靠, 易于实现, 可以大力推广。

【关键词】 变频空调器; 空调房间温度; 模糊控制器设计; 仿真
中图分类号 TU831.6 文献标识码 A

Simulation Study on Fuzzy Control of Temperature in Variable Frequency Air Conditioning Room

Cao Zhenhua

(Shaanxi Institute of Technology, Xi'an, 710302)

【Abstract】 In this paper, the fuzzy controller is designed and simulated by using the fuzzy toolbox and Simulink simulation tools in MATLAB software. Through simulation, it is found that the temperature control of frequency conversion air conditioner adopts simple fuzzy control, although it has strong robustness, but there is steady state error. After that, the fuzzy PID controller can be considered and combined to make it achieve faster dynamic response and smaller overshoot. The simulation tool is simple, reliable and easy to implement, and can be widely promoted.

【Keywords】 Frequency conversion air conditioner; air conditioning room temperature; fuzzy controller design; simulation

0 引言

模糊控制技术是以模糊集合论、模糊语言变量及模糊逻辑推理为基础的一种计算机数字控制技术, 是一种逐步大量应用的能够提高工业自动化控制能力的控制技术。是一种基于语言规则和模糊推理的控制方法, 采用人类的语言语句表述, 其特点是直观, 易于理解, 可以对大惯性、非线性、难以建立数学模型的对象以及大滞后等取得较好控制效果^[1]。但由于模糊控制器设计过程中存在诸多主观因素, 如控制规则构造、隶属度确定等,

要使控制系统达到较好的鲁棒性和适应性需要反复进行调试。因此, 利用电脑预先对设计好的模糊控制器进行仿真模拟研究就显得难能可贵。

本论文拟采用 MATLAB 仿真软件进行模拟仿

真, MATLAB 目前已成为国际上最为流行的仿真软件之一, 它拥有可靠丰富的矩阵运算、数据处理、图形绘制、图像处理以及包括 Simulink 和 Fuzzy Logic lbox 在内的实用工具箱, 其可广泛应用于自动控制系统的模拟仿真研究^[2]。该软件具有可靠的数值运算、图像和图形显示及处理、友好的图形界面设计风格等众多优点, 其很快在国际自动控制界流行起来, 现在已经成为自动控制系统研究人员不可或缺的有力仿真工具。同时, 控制界很多学者将自己擅长的控制方法用 MATLAB 加以仿真实现, 出现了大量 MATLAB 的配套工具箱, 如模糊控制工具箱 (Fuzzy Logic toolbox)、神经网络工具箱 (neural network toolbox)、控制系统模型图形仿真环境 (Simulink) 等。尤其是 Simulink 工具平台的

出现,使得控制系统的设计和仿真变得即容易又直观。本文拟利用 FuzzyLogic Toolbox 和 Simulink 两个工具箱对变频空调器温度控制的模糊控制器进行设计并进行仿真。

1 变频空调器温度模糊控制器的设计

变频空调器温度模糊控制器采用输入变量为房间温度变化和温度变化率,输出变量为压缩机转速的双输入单输出结构。其内容设计主要有4个方面^[3]:(1)输入输出语言变量及其隶属度函数的确定;(2)控制规则表的编辑;(3)模糊合成推理;(4)解模糊。

在 Matlab 软件的 Command 命令窗口键入命令 fuzzy,模糊推理系统图形编辑器(FIS)弹出,FIS 主要用于设计和显示模糊推理系统的基本信息。

1.1 输入输出语言变量的确定

在 FIS Editor 中单击菜单 Edit/Add input,编辑输入输出语言变量,并在下半部的右侧白框内分别输入“温度变化量”和“温度变化率”(为输入语言变量 input1 和 input 2 重新命名);选 output 方框,在下半部的右侧白框内输入“压缩机转速”(为输出语言变量 output 重新命名)。在下半部左侧为“与”、“或”、“蕴涵”、模糊规则的合成运算以及解模糊选择合适的方法,分别选择“min 极小”、“max 极大”、“min 极小”,“max 极大”、“centroid 面积重心法”。结果如图 1 所示。

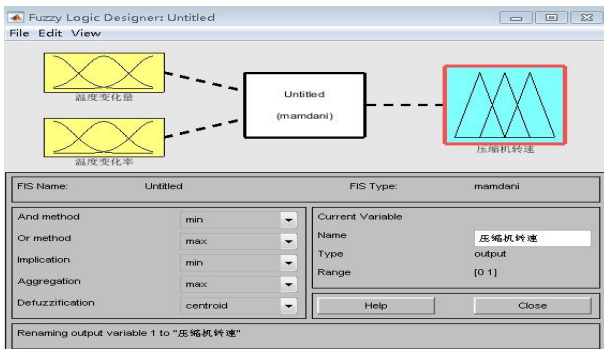


图 1 模糊推理系统图形编辑器

Fig.1 Graphic editor for fuzzy inference system

1.2 隶属度函数的确定

在 FIS Editor 中单击菜单 View/Edit membership function, Membership Function Editor 界面弹出。其中上半部分显示隶属度函数的图形,下半部分设定隶属度函数的参数。

采用 Mamdani 提出的处理方法可实现模糊控制器的标准化设计。即将输入变量、输出变量的论域定为[-6,+6]区间连续变化量,使之离散化,构成含 13 个整数元素的离散集合{-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6},并将其分成 5 个等级{-6,-3,0,3,6},见表 1。每个等级对应一个 Fuzzy 子集,可根据实际用隶属度函数模拟[-6,+6]之间 13 个元素对应每个等级的隶属度。MatLab 模糊逻辑工具箱中提供了抛物线型曲线、分段线性函数、S 型函数、高斯分布函数等 11 种常用隶属度函数类型。其中最简单的隶属度函数是三角形函数,三角形函数实际上是一种特殊分段线性函数,其计算工作量少,形状简单,存储空间较节约。当输入值发生变化时,三角形隶属函数与正态分布的隶属函数的相比,其灵敏性更大。

表 1 输入、输出变量的离散等级

Table 1 Discrete levels of input and output variables

变量名称	取-6 附近	取-3 附近	取 0 附近	取+3 附近	取+6 附近
	符号 含义	符号 含义	符号 含义	符号 含义	符号 含义
温度变化	TLL 负大	TL 负中	TM 不大	TH 正中	THH 正大
温度变化率	TDD 负大	TD 负中	TR 不大	TU 正中	TUU 正大
压缩机转速	RDD 小	RD 中小	RK 适中	RU 中大	RUU 大

比如当选中语言变量(如温度变化),在白框内输入其论域大小([-6,+6]),隶属度函数的名称(TL),类型(trimf)和参数([-6, -3, 0])。各语言变量隶属度函数图形见图 2~图 4 所示。

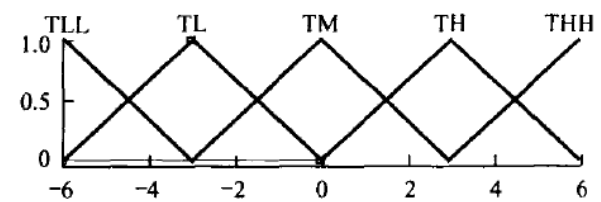


图 2 温度变化隶属度函数

Fig.2 Membership function of temperature change

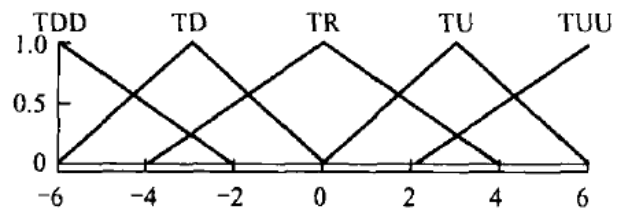


图 3 温度变化率隶属函数

Fig.3 Membership function of temperature change rate

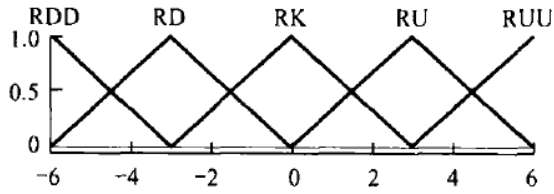


图 4 压缩机转数隶属函数

Fig.4 Membership function of compressor rotation number

1.3 控制规则的编辑

在 FIS Editor 中单击菜单 View/Edit Rules, 文本编辑窗口 Rule Editor 弹出, 即可进行控制规则的输入和修改。模糊控制规则有三种显示形式: 符号型 (Symbolic), 语言型 (Verbose) 以及索引型 (In-dexed), 可以通过菜单 Options 进行选择, 默认为语言型 (if...then...).

在 FIS Editor 中定义的变量系统已经自动将其显示在界面下部, 只要选择相应的输入变量 (是否加 not)、输出变量, 选择不同输入变量之间的连接关系 (or, and) 以及权重系数 (默认为 1), 单击按钮 Add rule, 在上半部区域内 (括号中数字表示该规则的权重值) 就会显示所编辑的控制规则。如表 2 所示, 列举了部分控制规则。这样便利建立了一个 FIS 文件, 保存为“房间温度.fis”, 并单击 File/Save to workspace, 把 FIS 文件保存到工作空间, 以便在 Simulink 建模过程中调用。

表 2 部分模糊控制规则

Table 2 Part fuzzy control rules

序号	温度变化	温度变化率	压缩机转速
1	TM	TDD	RDD
2	TM	TD	RD
3	TM	TR	RK
4	TM	TU	RU
5	TM	TUU	RUU

1.4 模糊合成推理过程的观察

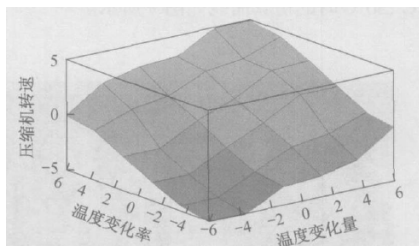


图 5 输入输出变量特性曲面

Fig.5 Input-output variable characteristic surface



图 6 模糊规则演示界面

Fig.6 Fuzzy rule demo interface

可利用在 FIS Editor 中的观察器 (单击 View Rules 和 View Surface) 了解模糊规则的合成推理过程及输入输出变量之间的关系, 如图 5、图 6 所示。

2 系统仿真

检验一个设计系统能否达到预期目的是系统设计的最重要的问题, 但如果进行计系统实际设检验, 则需要花费大量的资金和时间, 因此设计者往往利用电脑仿真软件进行实际设计系统的仿真模拟, 利用其仿真系统模拟现实系统, 模拟实际运行工况, 检验其设计是否合理。其中 Matlab 中的 Simulink 仿真便可直观、明了地观察所设计模糊系统是否合理, 也可以帮助分析、解决不合理问题, 进行模糊设计系统的设计、改进以及完善系统^[4]。

2.1 系统仿真模型的建立

仿真模型可直接用文本编辑软件进行编辑, 一般以特定的文本 (或标记文本) 方式存取。Matlab 软件提供了一种更为简单明了的方式——利用各种模块库用可视化的途径在仿真模型编辑窗口将系统“搭建”起来。

在 Matlab 中的 Command 窗口键入 Simulink, Simulink Library Browser 对话框弹出。单击 File/New/Model, 新建一个仿真模型窗口, 并将所需的模块按照设计的系统方案拖动到该窗口, 然后将相应模块用带箭头的线段连接起来, 其仿真模型如图 7 所示^[5]。

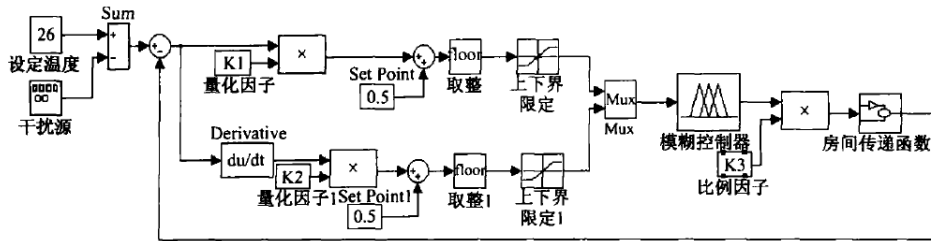


图7 仿真模型

Fig.7 Simulation model

2.2 系统模型仿真过程

双击各模块为其设定参数，房间传递函数如下：^[6]

$$G(S) = \frac{ke^{-TS}}{(T_1S+1)(T_2+1)} \quad (1)$$

其中 $T_1=150s$; $T_2=60s$; $\tau=12s$; $K=10$ 。

双击“模糊控制器”模块，弹出对话框如图8所示，在框内输入“房间温度”，将前面设计好的 FIS 文件传递给模糊控制器。

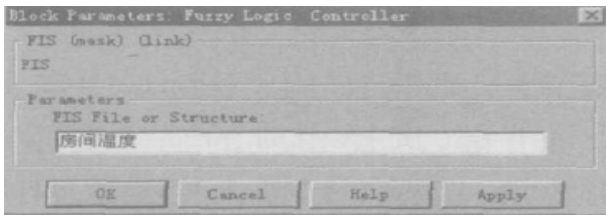


图8 参数设置

Fig.8 Parameter setting

若房间设定温度为 26℃，初始温度 T 分别为 20℃、30℃时的仿真曲线如图9所示。

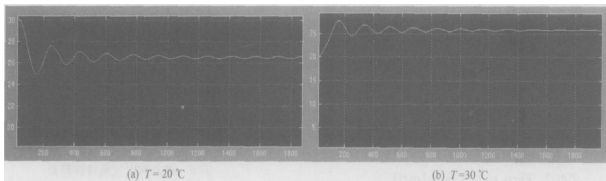


图9 仿真曲线

Fig.9 Simulation curve

从图9仿真曲线可知，模糊控制器可以很简单并且有效的控制模型很复杂的系统以及模型不是很清楚的系统，且鲁棒性较强。但其不具有积分环节，控制系统存在稳态误差^[7-9]。若将模糊控制器与 PID 控制器结合起来，可以构成兼有两者优点的模糊 PID (Fuzzy—PID) 控制器，从而达到更好的控制效果。这个是变频空调温度控制系统以后研究的方向，我们将通过 Matlab 仿真软件继续进行这方面的研究。

3 结论

(1) 利用模糊推理系统图形编辑器 (FIS) 可以进行方便、简单、灵活的设计模糊控制器，且模糊推理过程以及输入输出变量之间的关系可以直观、明了的显示；

(2) Simulink 仿真控制系统快速、方便、效果佳；

(3) 当使用 Simulink 模块无法仿真复杂的控制系统时，其 Matlab 丰富的命令函数可通过标准 M 文件形式编制 S 函数式来构造所需的功能模块；

(4) 通过仿真可知，变频空调器房间温度控制采用单纯的模糊控制鲁棒性较强，但存在稳态误差，以后可考虑研究采用模糊 PID 控制器，将两者有力的结合起来，使其达到更快的动态响应、更小的超调。

参考文献:

- [1] 徐昕.Matlab 工具箱应用指南——控制工程篇[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [2] 黄忠霖.控制系统 MATLAB 计算及仿真[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [3] 吴晓莉.Matlab 辅助模糊系统设计[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [4] 姚俊.Simulink 建模与仿真[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [5] 高翔,吴刚,陈金增.制冷空调系统的模糊控制与模拟仿真[J].海军工程学报,1998,(3):62-66
- [6] 白建波,李洋,王孟,等.空调系统室温回路的性能评估及自适应 PID 控制方法[J].制冷与空调,2016,(2): 168-172.
- [7] 黄贞辉,陈玮,涂建.家用变频空调温度模糊控制算法研究[J].上海理工大学学报,2013,(2):169-174.
- [8] 曹振华.地源热泵空调系统的控制仿真研究[J].制冷与空调,2017,(3):313-316.
- [9] 周智华,姚晓东.多温区汽车变频空调控制系统的仿真研究[J].制冷与空调,2008,(3):53-56,39.