

基于遗传算法的模型参考自适应控制*

雷 佳 蒋静坪

(浙江大学电机系·杭州, 310027)

摘要: 本文以连续搅拌反应釜(CSTR)这一非线性系统为例,介绍了根据参考模型的输出,运用遗传算法对控制系统的PID参数不断寻优,不断调整,以达到参考模型所要求的控制效果的自适应控制方法,并对改变遗传算法的几个参数对控制效果的影响进行了比较讨论。

关键词: 遗传算法; 参考模型; 自适应控制; 非线性系统

1 引 言

近年来,随着神经网络,人工生命,进化计算等研究的兴起,遗传算法(Genetic Algorithm简称GA)引起了人们越来越多的兴趣.它是一种模拟自然界进化过程的搜索算法,通过复制,交换,变异等过程使所求的值达到最优.

GA算法大多被用于路径等寻优问题上,直接用于控制还比较少.本文利用GA的寻优特性,设计了以GA寻最优PID参数来控制非线性系统的模型参考自适应控制方法.通过仿真实验,证明能够达到较好的控制效果.

2 CSTR 系统

连续搅拌反应釜系统(CSTR)是一化学反应器系统,它是一复杂的非线性系统,它的数学模型为^[1]:

$$\frac{dx_1}{dt} = -x_1 + 0.112 * (1 - x_1) * \exp\{x_2/[1 + x_2/19.186]\}, \quad (1)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -28.12 * x_2 + 16.07 * 0.112 * (1 - x_1) * \exp\{x_2/[1 + x_2/19.186]\} + 27.12 * u, \quad (2)$$

$$y = x_2. \quad (3)$$

3 模型参考自适应控制

CSTR系统是一复杂的非线性系统,仅用一般的线性控制方法不可能得到满意的控制效果,这使我们不得不寻求新的控制方法.

遗传算法是一种基于模拟自然选择和进化过程的寻优算法^[2,3,4].它包含三个基本算子:复制,互换和变异.复制算子是根据适应函数决定每个染色体的适应度,再根据其适应度决定其在下一代复制数,并将其复制.互换算子是从种群中随机的选出二染色体,交换其部分信息.变异算子是从种群中随机地选出一染色体,改变其部分信息.通过此算子,算法可以从局部最优中跳出来,从而找到全局最优.这样的优化方式使遗传算法具有全局优化的能力,无论对象是线性或非线性,连续或离散,都可以用遗传算法进行优化.

同时,PID控制一直是一种简单而有效的控制方法而被广泛应用于各种控制系统中.但它

* 国家自然科学基金和浙江省自然科学基金资助项目.
本文于1996年8月19日收到,1997年3月12日收到修改稿.

作为一种线性控制方法,对非线性系统得不到好的控制效果.这两种方法互补的特性让我们想到,如果将两种方法结合起来,提出一种新的控制方法对非线性系统就有可能达到令人满意的控制效果.因此在这里,我们提出了一种基于遗传算法的模型参考自适应控制方法.这种方法是把 PID 的控制参数编码成遗传算法的染色体,用遗传算法对其进行在线优化.而用 GA 寻最优的 PID 参数,需要提供一种判断优劣的标准,这样就考虑把 GA 算法与模型参考自适应控制结合起来,由参考模型提供期望的系统输出,再将 GA 的各染色体解码,得 PID 参数,并将各组 PID 参数代入系统模型,得系统模拟输出,与期望输出比较,进行寻优控制实际系统.其控制框图如图 1 所示.

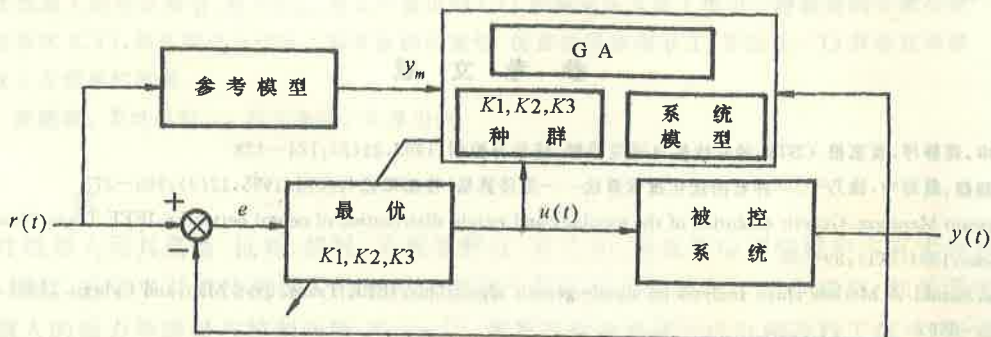
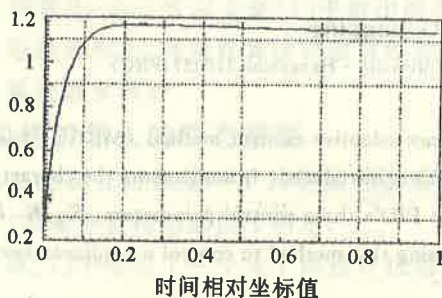
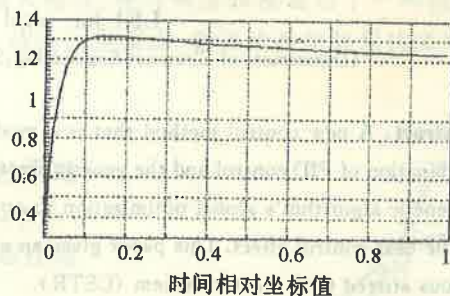


图 1 系统控制框图

4 实验结果及曲线

在仿真实验中,选取参数为:

种群数 $N = 100$, 每个参数的二进制码位为 16 位, 则染色体长度 M 为 48 位, 交换概率 P_c 为 0.5, 变异概率 p_m 为 0.1, 迁移概率 P_i 为 0.1, 误差不小于 0.001, 采样周期 T 为 0.01s.

图 2 非线性参考模型输出 Y_m 和系统输出 Y 图 3 线性参考模型输出 Y_m 和系统输出 Y

同时,选取了两种参考模型:

1) 非线性参考模型为:

$$\frac{dx_1}{dt} = -x_1 + 0.12 * (1 - x_1) * \exp\{x_2/[1 + x_2/21.0]\}, \quad (4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -28 * x_2 + 17 * 0.12 * (1 - x_1) * \exp\{x_2/[1 + x_2/21.0]\} + 27 * R, \quad (5)$$

$$y = x_2. \quad (6)$$

2) 线性模型:

$$\frac{dx_1}{dt} = -1.64 * x_1 + 0.64, \quad (7)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -28 * x_2 - 10.882 * x_1 + 27 * R + 10.882, \quad (8)$$

$$y = x_2. \quad (9)$$

仿真结果曲线见图 2, 3 所示. 由图可见, 无论参考模型是非线性的还是线性的, 运用这种控制方法都可以达到模型输出与实际输出基本重合的控制效果. 在这种情况下, 可以用线性参考模型代替非线性参考模型, 从而达到简化控制的效果.

5 结 论

GA 算法是一种全局寻优的算法, 而 PID 控制是一种简单、有效的线性控制方法. 本文将两者结合起来, 提出了运用 GA 寻最优 PID 参数的模型参考自适应控制算法, 并进行了仿真实验, 得到良好的控制效果.

参 考 文 献

- 1 陈申, 蒋静坪, 袁惠根. CSTR 的非线性自适应控制. 信息与控制, 1992, 21(2): 124—128
- 2 张晓绩, 戴冠中, 徐乃平. 一种新的优化搜索算法——遗传算法. 控制理论与应用, 1995, 12(3): 265—273
- 3 Vittorio Maniezzo. Genetic evolution of the topology and weight distribution of neural networks. IEEE Trans. Neural Networks, 1994, 5(1): 39—35
- 4 Joe. Suzuki. A Markov chian analysis on simple genetic algorithms. IEEE Trans. Syst. Man, and Cybern. , 1995, 25(4): 655—659

The Model Reference Adaptive Control Based on the Genetic Algorithm

LEI Jia and JIANG Jingping

(Department of Electrical Engineering, Zhejiang University · Hangzhou, 310027, PRC)

Abstract: A new control method that is a model reference adaptive control method (MRAC) based on the combination of PID control and the genetic algorithm (GA) is introduced. It implements the characteristic of the genetic algorithm's global optimization to optimize the PID's three control parameters: K_p, K_i, K_d , to obtain the best control effect. This paper gives an example using this method to control a nonlinear system—continuous stirred tank reactor system (CSTR).

Key words: model reference adaptive control; genetic algorithm; nonlinear; PID

本文作者简介

雷佳 1972年生. 1994年在浙江大学电机系工业电气自动化专业获学士学位. 现在浙江大学电机系攻读硕士学位. 主要从事遗传算法及其在控制中的应用研究.

蒋静坪 1935年生. 浙江大学教授, 博士生导师. 1958年毕业于浙江大学电机系, 长期从事工业电气自动化及计算机实时控制教学与研究, 主要研究方向为智能控制和计算机控制.