

①

## 遗传算法在PID控制系统中的应用\*

110-113

郭江\*\*

郑维智

TP273.1

(新疆轻工业学校 乌鲁木齐 830021) (新疆工学院化学工程系)

0242.23

**摘要** 遗传算法是一种模拟自然进化而提出的简单高效的组合优化算法,本文研究了PID三个参数 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 使系统获得最佳控制效果的优化问题。结果表明,遗传算法可以有效地解决这一过程的优化问题。

**关键词** 遗传算法;PID控制器;优化

**中图法分类号** TP273.1

最佳控制

GENETIC OPTIMIZATION IN PID AUTOMATIC  
CONTROL PRODUCTION PROCESS

Guo Jiang et. al

(Xingjiang Light Industry Academy Urumqi 830021)

**Abstract** Genetic algorithm is a simple but efficient combinatorial optimization algorithm based on the principle of nature evolution. This paper deals with the optimization of the three control parameters of PID:  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , to obtain the best control effect. It is showed in this paper that genetic algorithm is capable of handling such optimization problems.

**Key Words** genetic algorithms; PID controller; optimization

## 0 引言

遗传算法(Genetic Algorithms)是基于自然界生物进化思想而得出的一种全局优化算法。1967年, Bagley J D.<sup>[1]</sup>首先提出遗传算法的概念, Holland(1975)<sup>[2]</sup>则对遗传算法的理论和方法做了具有开创意义的研究,采用从自然选择机理中抽象出来的几种算子对参数编码字符串进行操作,由于这种操作是针对多个可行解构成的群体进行,具有本质的并行计算特点,故在其世代更替中可以并行地对参数空间的不同区域进行搜索,并使得搜索朝着更有可能找到全局最优的方向进行,且不至于陷入局部极小,正是由于遗传算法具有这样的特点,因而被广泛用于机器学习<sup>[3]</sup>,函数优化<sup>[4]</sup>,图象处理,系统辨识等多个领域。Goldberg的专著《Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning》对此有全面的总结。

\* 收稿日期:1998-12-17

\*\* 第一作者:男 1966年生 讲师

## 1 遗传算法

### 1.1 遗传算法的基本结构

对于一般的优化问题均可表示为:

$$\text{目标函数} \quad \min F = f(x, y, z) \quad F \in R \quad (1)$$

$$\text{约束} \quad G(x, y, z) \geq 0, \quad (x, y, z) \in \Omega \quad (2)$$

遗传算法的基本思想是将优化问题的一组基本可行解 $(x_i, y_i, z_i)$ 编码为一组二进制的字符串,每个字符串可表达为一个基因(gene),这样的每个字符串代表一个寻优目标空间内的可行解,根据优化问题的目标函数,每个可行解对应了一个目标函数值,即适应度(fitness).多个基本可行解的集合被称为一个群体(population).该群体被用在每次寻优迭代,通过几种简单算子的操作生成新的可行解群体,称为一个世代(generation).

### 1.2 遗传算法的设计

遗传算法的设计是指完成遗传算法的具体方法,包括染色体表示,适应度函数,初始群体的设定,控制参数的确定和遗传操作等5个部分<sup>[5,6]</sup>.

(1)染色体表示.染色体是遗传信息传递的昨天载体,染色体中每个元素称为遗传因子,其相应位置称为遗传坐标.可用二进制代码或十进制数表示.

(2)适应度函数.遗传算法将搜索适应度函数达到极值的染色体.适应度函数的大小也可成为遗传算法的终止条件.

(3)初始群体.初始群体开始时由一定数量的染色体个体组成,其数量规模应适当选择.

(4)控制参数.即为遗传操作的参数.

(5)遗传操作.遗传操作包括复制(Reproduction),交叉(Crossover),变异(Mutation).

复制是将亲代的个体信息传递到子代,而这种传递是有所选择的,每代中的每一个个体,根据其适应度大小决定是否能够复制到下一代.通过复制使得群体中的优秀个体数不断增加,整个进化反映了优胜劣汰的原则.

交叉是每一代的各个个体之间按一定的概率交换其部分基因,产生新的基因组合,使各个解有机会交流其优秀基因,可望获得比亲代更好的结构.

变异是对每个字符串的每一位按一定的概率由0变1或由1变0,产生新的基因型,扩大寻优范围.

## 2 遗传算法在自动控制系统中的应用

PID调节器在自动控制系统中有着举足轻重的地位,它是工业控制中技术成熟、应用最为广泛的一种调节器.它结构简单、使用方便.其自控系统原理框图如下图1所示:

PID调节器控制器的输出:

$$\Delta U(n) = K_p[e(n) - e(n-1)] + K_i \cdot e(n) + K_d[e(n) - 2 \cdot e(n-1) + e(n-2)] \quad (3)$$

其中 $n$ 为第 $n$ 时刻; $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 为控制器的比例、积分、微分参数, $e(n)$ 、 $e(n-1)$ 、 $e(n-2)$ 为第 $n$

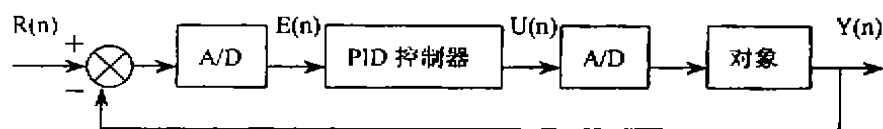


图1 自动控制原理框图

时刻,第 $n-1$ 时刻,第 $n-2$ 时刻的误差值,通过调节 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 的大小控制 $\Delta U(n)$ 的输出,使系统的输出 $Y$ 能够跟随输入满足系统要求。

PID调节性能的好坏关键是 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 参数的选择。传统PID调节器中的 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 的选择主要依靠大量的反复调试和经验,由于 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 对系统的影响是相互关联和互相影响的,而且当对象的状态发生变化时传统PID调节器参数不能随之改变,使系统得不到理想的控制效果。而遗传算法是一种模拟自然选择和进化过程的寻优算法,能够随对象的变化而发生变化,从而使PID调节器参数随之改变。

如果将遗传算法与PID控制结合起来,提出一种新的控制方法有可能达到令人满意的控制效果,因此提出了基于遗传算法的PID参数的在线优化方法。这种方法是将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。适应度函数可用误差表示,  $\text{Fitness} = 1/J(n)$ ,  $J(n)$ 为目标函数,要求期望输出与实际输出的误差累积之和最小即:  $J(n) = \sum_{i=0}^L |e(n-i)|$ ,其自动控制系统框图如图2所示。

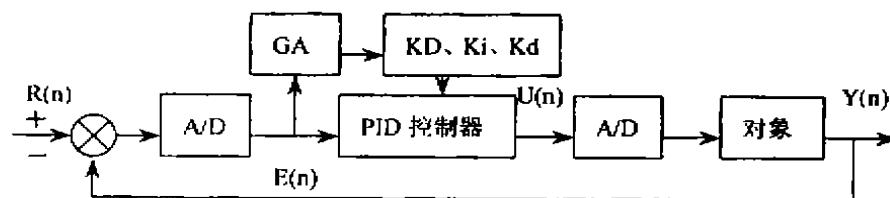


图2 带遗传算法的自控系统框图

### 3 实验结果及曲线

在仿真实验中选取参数为:种群规模 $N=80$ , $K_p$ 的二进制码为12位, $K_i$ 、 $K_d$ 二进制码各为10位,染色体长度 $M=32$ 位,交概率 $PC=0.5$ ,变异概率 $Pm=0.1$ 误差不小于0.001,采样步数 $T$ 为 $STEP=150$ ,实验中一、二阶参考模型滞后步数 $D=6$ 。

选取了三种参考模型:

1)非线性模型:

$$y[n+D] = y[n-1+D] / (1 + y[n-1+D]^2) + u[n]^3 \quad (4)$$

2)一阶参考模型:

$$y[n+D] = 0.9117 \cdot y[n-1+D] + 0.125356 \cdot u[n] \quad (5)$$

3)二阶参考模型:

$$y[n+D] = 0.368 \cdot y[n-1+D] + 0.264 \cdot y[n-2] + u[n] + 0.632 \cdot u[n-1] + 0.1 \quad (6)$$

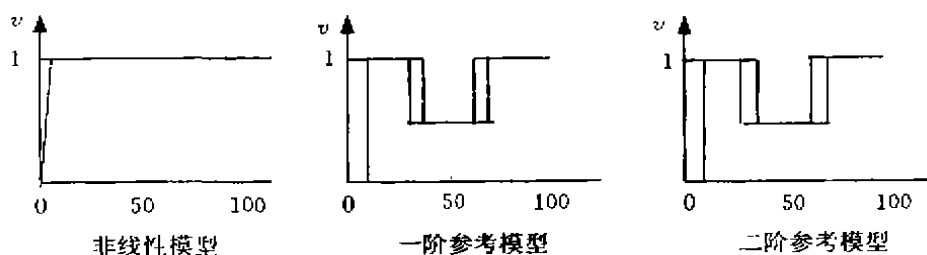


图3 仿真结果及曲线

## 4 结 论

仿真结果表明,无论是一阶、二阶或非线性,运用遗传算法寻最优PID参数的控制算法,可以达到期望输出与实际输出基本重合,并收到了良好的控制效果。

## 参 考 文 献

- 1 Bagley J D. The Behavior of Adaptive Systems Which Employ Genetic And Correlation Algorithms Dissertation Abstracts International, 1967, 28(12)
- 2 Holland J H. Adaptation in Natural and Artificial Systems, 1st. ed. 1975. 2nded. . Cambridge, Ma; MIT press. 1992
- 3 Marco Dorigo, Uwe Schnepf. Genetic — Based Machine Learning and Behavior — Based Robotics; A Newsynthesis IEEE Trans. SMC, 1993, 23(1); 141~154
- 4 Larry Rendell. Induction as Optimization IEEE Trans. SMC, 1990, 20(2); 326~338
- 5 马岚, 张燕东. 多目标遗传算法及其在自动控制系统设计中的应用. 系统工程与电子技术, 1997(9); 71~76
- 6 Porter B and Jones A H . Genetic Tuning of Digital PID Conuollers. Electronics letters 23rd April 1992, 28(9); 843~844

(本文审稿:李红星副教授;责任编辑:刘 岩)

(上接第109页)

## 3 结束语

开机后经过延时产生的延时完成信号(即加高压信号),去完成高压控制功能. 关机后经过延时产生的关风机信号,控制风机关闭,实现了对发射机两种延时功能的控制,这种电路精度高、工作可靠。

## 参 考 文 献

- 1 阎石主编. 数字电子电路. 北京:中央广播电视大学出版社, 1993
- 2 赵保经主编. CMOS 集成电路. 北京:国防工业出版社, 1985

(本文审稿:张耀东副教授;责任编辑:刘 岩)