

文章编号:1005—0523(2007)01—0105—03

改进遗传算法在磁悬浮轴承控制中的应用

徐 征

(华东交通大学 电气与电子工程学院,江西 南昌 330013)

摘要:改进后的遗传算法通过二次演化能够有效地避免算法中容易陷入局部最优值的缺陷,这里采用改进后的遗传算法来对磁悬浮轴承控制器中的PID参数进行了整定,仿真结果表明该算法具有良好的整定效果。

关键词:磁悬浮轴承;改进的遗传算法;PID参数整定

中图分类号:TP391.9 **文献标识码:**A

1 引言

磁悬浮轴承控制器是磁悬浮轴承系统中最关键的部分之一,其性能的好坏直接决定了磁悬浮能否实现,因此控制器的设计及优化是整个磁悬浮轴承系统设计中相当重要的一环。PID控制由于结构简单,容易实现,广泛的应用于各种控制领域。国内外的学者们也广泛的应用PID算法对磁悬浮轴承进行控制。

PID控制器参数直接关系到控制效果的好坏。目前,PID参数整定的方法很多,如间接寻优法、梯度法、爬山法等^[1]。但是这些方法都有其利弊。遗传算法作为一种全局优化算法,特别是改进后的遗传算法,具有寻优特性好、操作方便、速度快等优点,本文采用改进后的遗传算法来对磁悬浮轴承控制器中的PID参数进行整定。

2 磁悬浮轴承控制器模型的建立^{[2][3][4]}

在磁悬浮系统中,磁轴承通常采用差动激磁。当转子偏离参考位置,由传感器测出此时转子偏离参考位置的位移,位置控制器将这一位移信号变换成控制电流,通过功率放大器的作用,一个磁铁的电流为偏置电流 I_0 与控制电流 i 之和 I_0+i ,而另一个

为偏置电流和控制电流之差 I_0-i ,气隙则分别为 s_0+x 和 s_0-x ,如下图1所示:

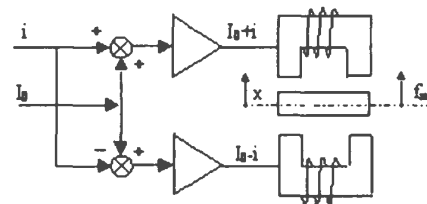


图1 磁悬浮轴承差动激磁示意图

用电流及气隙计算出电磁铁的电磁力,用 f_m 表示两个电磁铁的电磁力之差,得到下式:

$$f_m = f_+ - f_- = k \left[\frac{(I_0 + i)^2}{(s_0 - x)^2} - \frac{(I_0 - i)^2}{(s_0 + x)^2} \right] \quad (1)$$

其中, $k = \mu_0 A_1 n^2 / 4$, μ_0 为真空中的磁导率, A_1 为电磁铁的磁极面积, n 为线圈匝数,且 f_m 的正方向与位移一致。

由式(1)可以看出磁力 f_m 与气隙 s 和电流 i 呈非线性关系。由于在磁悬浮轴承系统中,定子与转子之间的的气隙和激磁电流的变化范围很小,所以可以在 x 和 i 的静态工作点附近进行线性化处理。设 s 和 I 的静态工作点为 s_0 和 I_0 ,将 f_m 在 s_0 和 I_0 处展开成泰勒级数,忽略二次以上各项,得到

$$f_m = f_m(s_0, I_0) + (x - s_0) \left. \frac{\partial f_m}{\partial x} \right|_{(s_0, I_0)} + (i - I_0) \left. \frac{\partial f_m}{\partial i} \right|_{(s_0, I_0)}$$

收稿日期:2006—09—15

(作者简介)徐征(1978—),女,湖北随州人,讲师,主要从事控制理论及算法的研究。
(Copyright © 2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net)

$$=K_{rl}+K_{sx}$$
(2)

其中, $k_s=\frac{\mu_0A_1n^2i_0^2}{s_0^3}$, $k_r=\frac{\mu_0A_1n^2i_r}{s_0^2}$

要使转子能稳定悬浮在中心位置上,则上下两个电磁铁产生的电磁力的合力就必须和转子自身的重力平衡,设转子运动的位移为 x ,根据牛顿定律得:

$$mx=f_m-f_{mg}$$
(3)

综合式(2)、(3)进行拉氏变换即可得到电流和位移之间的传递函数为:

$$G(s)=\frac{X(s)}{I_x(s)}=\frac{k_r}{ms^2-k_s}$$
(4)

由上式控制对象的传递函数可以看出该对象有两个实数极点,且其中一个在正实轴上,因而此系统是开环不稳定的二阶对象,只有通过闭环控制才有可能使之稳定地工作.磁轴承闭环系统的系统框图如图 2 所示.



图 2 磁轴承闭环系统框图

3 改进的遗传算法的 PID 整定

传统的遗传算法通常随机地生成初始种群,这样容易陷入局部极值.如果首先将搜索的区域分成若干个小区域,对每个小区域进行完整的演化过程,这样可求得每区域的局部最优的解.遗传算法的首次搜索结果代表着局部的最优解,将它们作为初始群体则可以得到全局的最优解,这也称为二次演化^{[5][6]}.

利用增加二次演化后的遗传算法整定 PID 参数的具体步骤如下:

- (1)确定每个参数的大致范围和编码长度,进行编码;
- (2)随机产生 n 个个体构成初始种群 $P(0)$;
- (3)将种群中各个解码成对应的参数值,用此参数值求代价数值 J 及适应函数值 f ,取 $f=1/J$;
- (4)应用复制、交叉和变异算子对种群 $P(t)$ 进行操作,产生下一代种群 $P(t+1)$;
- (5)重复步骤(3)和(4);
- (6)达到结束条件后,将结果保存起来;

- (7)重复 n 次;
- (8)将保留的 n 个结果构成初始种群,重复(3)~(7).

4 改进的遗传算法应用于磁悬浮轴承控制器的 PID 整定

参考武汉理工大学磁悬浮轴承实验装置的实验数据^[2],功率放大器放大倍数 $K=4.8800 \times 10^{-4} \text{ A}$,位置传感器放大倍数 $K_x=4.095 \times 10^6$,传递函数参数 $m=0.065 \text{ kg}$, $k_r=49 \text{ N/A}$, $k_s=61\,250 \text{ N/m}$.

选定采样周期为 0.0001 s ,选择初始种群个数为 30,为了方便起见采用实数编码.初始群体随机产生,为了避免搜索范围过大,先按经验选取一组参数.经验整定得到 $K_p=2$, $K_i=200$, $K_d=0.05$,则选定 K_p 范围为 $[1,3]$, K_i 范围为 $[100,300]$, K_d 范围为 $[0,0.1]$.交叉概率和变异概率分别 $P_c=0.9$, $P_m=0.033$.为了获得满意的过渡过程动态特性,采用误差绝对值时间积分性能指标作为参数选择的最小目标.选用下式作为参数选择的最优指标:

表 1 一次搜索结果

K_p	K_i	K_d	J
2.4961	192.3911	0.0476	121.34
1.4560	164.7351	0.0286	121.37
2.176	142.2058	0.0364	120.34
2.9351	237.0845	0.0533	122.1
2.1807	137.7817	0.0855	120.13
2.1671	181.5117	0.0907	120.28
2.1365	142.5553	0.0617	119.9
2.1739	201.6297	0.0208	122.59
2.9305	155.248	0.0774	121.42
2.6761	297.0062	0.0562	122.99
2.2165	182.3646	0.0491	120.98
2.1737	137.0943	0.0499	122.2
2.1296	228.3839	0.0549	122.56
2.1795	205.9696	0.0436	120.73
2.1701	252.9264	0.0381	119.74
2.9042	177.4049	0.0316	120.12
2.2202	131.883	0.0346	122.21
2.1718	224.4119	0.0843	119.9
2.6763	264.5164	0.076	119.96
2.9083	147.273	0.0795	119.97
2.9043	213.843	0.0284	119.87
2.8807	111.7567	0.0107	120.35
2.1793	188.4076	0.0384	121.23
2.9083	230.7764	0.0157	119.26
2.1799	168.8082	0.0383	119.75
2.6781	166.0373	0.0904	120.47
2.9021	177.3423	0.0459	121.24
2.1739	168.3831	0.0727	122.59
2.9041	164.7221	0.08	120.37
2.7746	134.3324	0.055	122.3

$$J = \int_0^{\infty} (w_1 |e(t)|) dt + w_2 t_u \quad (5)$$

其中 $w_1=1, w_2=20$. 下表为 30 次的一次搜索结果.

将这 30 个搜索结果作为初始群体重新开始进行二次演化, 获得的 $K_p=2.6882, K_i=193.3193, K_d=0.0020, J=119.1891$. 将经验整定值, 采用传统遗传算法整定值以及改进后遗传算法整定值进行仿真. 仿真结果见图 3, 其中(1)为经验值, (2)为传统遗传算法整定值, (3)为改进后遗传算法整定值仿真结果. 由图可以清楚地看到, 改进后的遗传算法整定的 PID 参数使得调整时间和超调量两方面都有所降低, 因此这种 PID 整定参的方法能有效的改善控制品质.

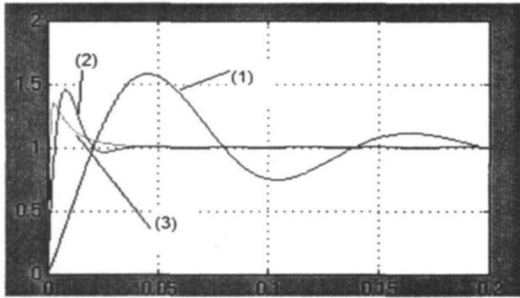


图3 仿真结果比较

5 结束语

改进后的遗传算法通过二次演化可有效地解决算法陷入局部最优值的缺陷, 从而搜索到最优解. 本文利用改进后的遗传算法对磁悬浮轴承控制器 PID 参数进行了整定. 通过仿真结果表明遗传算法能够有效的对 PID 参数进行优化.

参考文献:

- [1]刘金琨. 先进 PID 控制及其 MATLAB 仿真[M]. 电子工业出版社. 北京, 2003.
- [2]王娟. 磁悬浮轴承的模糊控制算法研究[J]. 武汉理工大学硕士学位论文. 2004, 15~18.
- [3]吴坚. 主动磁悬浮轴承控制器的研究[J]. 兰州大学硕士学位论文. 2004, 5~8.
- [4]吴鹏, 曾励, 徐龙祥. 磁轴承控制器的设计及仿真研究[J]. 南京航空航天大学学报. 1999, 31(3).
- [5]肖伟, 全惠海, 史滋福. 改进的遗传算法[J]. 计算机工程与应用. 2004, 53~55.
- [6]李刚. 自然遗传算法及其性能分析[J]. 应用科学学报. 1999, 17(3): 337~342.

Design of Magnetic Bearings Controller Based on Improved Genetic Algorithms

XU Zheng

(School of Electrical and Electronical Eng., East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China.)

Abstracts: Improved Genetic Algorithms can avoid the defect of reaching the part best value easily by the twice evolution. This paper adjusts the PID parameters by improved Genetic Algorithms on magnetic bearings controller. The simulation system tells that the algorithms can work effectively.

Key words: magnetic bearings; improved genetic algorithms; adjustment of PID parameters