一种谨慎控制器控制规律的求取

柳世考，　李　刚，　李宏利，　廖广建
(空军工程大学 导弹学院，陕西 三原　713800)

摘　要:分析了谨慎控制器的特点,阐述了利用最小二乘法求取最小方差控制器控制规律的缺陷,提出了为克服此缺陷的控制器——谨慎控制器的控制规律的一种求取方法。

关键词:谨慎控制器;控制规律;最小方差;误差
中图分类号:TP 13　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1009-3516(2000)03-0046-02

通常各类自校正控制器的控制规律(或称控制算法)都是系统参数估计值的函数。显然估计精度的高低会显著影响其控制效果,当估计精度过差时甚至会导致系统失稳。因此,试图设计一种控制器,使其控制规律不仅是系统参数估计值的函数,而且是该估计精度的函数,这种自校控制器被称为谨慎控制器。

1　最小方差自校正控制规律

如果有一个随机过程　　$y(k)=y(k-1)-bu(k-1)+v(k)$　　(1)

若已知参数b,则可根据文献[1]求出最小方差控制规律为　　$u_1(k)=\frac{1}{b}y(k)$　　(2)

其对应输出方差为　　$I_1=E\{y^2(k-1)\}=\sigma^2$　　(σ^2:白噪声序列$\{v(k)\}$的方差)

当参数b未知时借助最小二乘估计算法求得参数估计值$\hat{b}(k)$。

如果令
$$Y=\left|\begin{matrix}y(k)-y(k-1)\\ y(k-1)-y(k-2)\\ \vdots\\ y(1)-y(0)\end{matrix}\right|\quad V=\left|\begin{matrix}v(k-1)\\ v(k-2)\\ \vdots\\ v(0)\end{matrix}\right|\quad U=\left|\begin{matrix}u(k-1)\\ u(k-2)\\ \vdots\\ u(0)\end{matrix}\right| \tag{3}$$

则(1)式可写成　$Y=Ub+V$

采用最小二乘一次算法
$$\hat{b}(k)=((pU^TU)^{-1}U^TY=\frac{\sum_{i=1}^{k}\{y(i)-y(i-1)\}u(i-1)}{\sum_{i=1}^{n}u^2(i-1)} \tag{4}$$

估计误差的协方差为
$$\varphi_b=E\{[\hat{b}(k)-b]^2\}=(U^TU)^{-1}U^TE\{(V^TV)\}U(U^TU)^{-1}=\frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^{n}u^2(i-1)} \tag{5}$$

用$\hat{b}$代替b,即可得到最小方差自校正控制规律:　　$U_2(k)=-\frac{1}{b(k)}y(k)$　　(6)

2　关于最小方差自校正控制规律的进一步讨论

当用(6)式作为控制规律时,实际输出误差为:

收稿日期:2000-02-17
作者简介:柳世考(1965-),男,江苏六合人,讲师,硕士生,主要从事控制与仿真研究.

$$I = E\{[y(k) - \frac{b}{\hat{b}(k)} y(k) - v(k+1)]^2 / y(k)\cdots y(0), u(k-1)\cdots u(0)\}$$

$$= E\{\frac{[\hat{b}(k) - b]^2}{\hat{b}^2(k)} y^2(k)\} + \sigma^2 = \frac{\varphi_b}{\hat{b}^2(k)} y^2(k) + \sigma^2 \tag{7}$$

从(7)和(2)式相比较可见，使用参数估计值后，输出方差不是最小，而是增加了一项与估计精度有关的量 $\varphi_b \cdot y^2(k)/\hat{b}^2(k)$。显然，当估计精度低时，$\varphi_b$ 大，其实际输出方差也大，仅当估计误差为零，即 $\varphi_b=0$ 时，输出方差相等。

3　谨慎控制规律的求取

如果考虑参数估计误差的最小方差控制规律，输出方差可表示为：

$$I = E\{[y(k) + bu(k) + v(k+1)]^2 / y(k)\cdots y(0), u(k-1)\cdots u(0)\}$$

$$= E\{[y(k) + \hat{b}(k)u(k) + [b - \hat{b}(k)]u(k) + v(k+1)]^2 / y(k)\cdots y(0), u(k-1)\cdots u(0)\}$$

$$= [y(k) + \hat{b}(k)u(k)]^2 + \Phi_b u^2 + \sigma^2$$

使 I 最小，可得

$$u_3(k) = -\frac{\hat{b}(k)}{\hat{b}^2(k) + \varphi_b} y(k) \tag{8}$$

这就是谨慎控制规律，它是参数 $\hat{b}(k)$ 和 φ_b 的函数，当估计精度低而造成 $\hat{b}(k)$ 过小时，但由于此时 φ_b 很大，而不会导致过大的控制量。采用谨慎控制规律后，其相应的输出方差为：

$$\mathrm{I} = \frac{\varphi_b}{\hat{b}^2(k) + \varphi_b} y^2(k) + \sigma^2 \tag{9}$$

4　结束语

谨慎控制器是一种鲁控制器，在需要对系统参数进行估计的场合，采用谨慎控制规律进行自校正控制器的设计，可大大提高系统的控制精度。目前它正成为控制专业的热门领域之一，吸引人们去探索研究。

参 考 文 献

[1] 奥斯特隆姆 K J，威顿马克 B. 自适应控制[M]. 北京：科学出版社，1992.

[2] 陈新海. 最佳估计理论[M]. 北京：北航出版社，1983.

[3] Joho H, Blakelock. Automatic control of Aircraft and Missiles, and ed. Joho Wiley & sons[M]. New York: Inc, 1991.

[4] Isremann R, Lachmsann K—H, Matko D. Adaptive Control System[M]. London: © prentece Hall International Ltd, 1992.

A Method of Getting Controllable Disciplinarian of Cautions Controller

LIU Shi-kao,　LI Gang,　LI Hong-li,　LIAO Guang-jian

(The Missile Intitute, AFEU., Sanyuan 710038, China)

Abstract: The characters of cautions controller is analyzed in this paper, the limitation of controllable disciplinarian of the controller of the least square mistake by means of LMS is also expatiated, and the method to seek controllable disciplinarian to conquer the limitation of cautions controller is presented.

Key words: cautions controller; controllable disciplinarian; least square difference; error