第 20 卷 第 3 期 自 动 化 学 报 Vol. 20, No. 3
1994 年 5 月 ACTA AUTOMATICA SINICA May, 1994

问题讨论

“H^∞-补偿器的泛函优化实现方法”一文的补充

胡 建 昆
(哈尔滨船舶工程学院自控系 哈尔滨 150001)

文[1]提出了一种 H^∞-补偿器的泛函优化实现方法. 该法采用了 H^∞ 最优范数指标，将设计问题化为一个带泛函约束的优化问题求解，并考虑了补偿器参数的容差问题.

值得指出地是，文[1]的设计算例 1 并不能保证系统闭环稳定.

现引用文[1]的算例 1 如下:

$$P(s)=\frac{(s-1)(s+3)}{(s-2)(s^2+2s+3)}, \tag{1}$$

设计鲁棒控制器 $J=\min\|PQ\|$.

① 按 H^∞-优化设计方法，……，得 $J_{\min}=3$.

② 采用外逼近法设计 G_c.

选定 $G_c(s)$ 的结构为

$$G_c(s)=\frac{k_3s^2+k_4s+k_5}{s^2+k_1s+k_2}, \tag{2}$$

$k_i, i=1,2,\cdots,5$ 为参数，并允许各参数摄动量 $|t_i|<0.1$. 采用分割映射法搜索有解: $k_1=6.49$, $k_2=1.73$, $k_3=0.142$, $k_4=0.054$, $k_5=-5.535$. 得到的指标 $J=3.5$ (较 H^∞ 法为差). …….

对于这个算例，分析其闭环系统的稳定性. 从文[1]知，用外逼近法设计的补偿器为式(2)，系统闭环传递函数为

$$1+P\cdot G(s)=1+\frac{(s-1)(s+3)}{(s-2)(s^2+2s+3)}\cdot\frac{k_3s^2+k_4s+k_5}{s^2+k_1s+k_2}$$

$$=\frac{(s-2)(s^2+2s+3)(s^2+k_1s+k_2)+(s-1)(s+3)(k_3s^2+k_4s+k_5)}{(s-2)(s^2+2s+3)(s^2+k_1s+k_2)}.$$

闭环特征多项式为

$$f(s)=(s^2+6.49s+1.73)(s-2)(s^2+2s+3)+(s-1)(s+3)(0.142s^2+0.054s-5.535).$$

$\because f(0)=6.225>0$,

本文于 1991 年 4 月 26 日收到.

$$f(1)=(1+6.49+1.73)(-1)\times(1+2+3)<0,$$

$\therefore$ $f(s)$ 在(0,1)区间至少有一零根．进一步计算有一零点 $s^*=0.1153$．这说明名义闭环系统在右半平面有极点，因而不稳定．

为了使系统保证名义闭环稳定，建议采用 Youla 参数化方法对待定控制器参数进行约束．即

令参数化方程为 $G=(Y-Q\widetilde{N}_p)^{-1}(X+Q\cdot\widetilde{D}_p)$，其中 $\widetilde{N}_p$、$\widetilde{D}_p$ 为 p 的左互质分解因子，N_p,D_p 为 p 的右互质分解因子，$XN_p+YD_p=I$，$X,Y,Q\in \mathrm{RH}^\infty$．令 Q 固定阶数且含待定参数 $k_1,k_2,\cdots,k_n$，则待定控制器 $G(k_1,k_2,\cdots,k_n)$，加上约束 $Q(k_1,k_2,\cdots,k_n)\in \mathrm{RH}^\infty$，那么参数寻优得出的控制器 $G(k_1^*,k_2^*,\cdots,k_n^*)$ 则能保证系统闭环稳定．

参 考 文 献

[1] 张愈文等．H^∞-补偿器的泛函优化实现方法．自动化学报，1990，**16**(6)：488—494．
[2] Vidyasagar. Control System Synthesis. MIT, 1985.