第 17 卷 第 3 期　　自 动 化 学 报　　Vol. 17, No. 3
1991 年 5 月　　ACTA AUTOMATICA SINICA　　May, 1991

l^1 鲁棒综合指标控制器的优化设计[1)]

方华京　涂 健
(华中理工大学自控系,武汉)

摘　　要

本文讨论具有鲁棒稳定性和抗持续有界扰动的控制器设计问题. 提出了一种新的综合灵敏度指标函数,这种指标函数既可用于单变量系统也可用于多变量系统. 通过选择权系数,设计者可对鲁棒性和抗扰性灵活地进行加权,并给出了把这种 l^1 综合指标优化设计问题转化为一般 l^1 优化问题求解的方法.

关键词: 鲁棒控制,最优化,多变量系统,控制系统设计.

一、引　　言

在文献 [1, 2, 3] 中讨论了系统受到持续有界扰动信号 $d\in l^\infty$, $\|d\|_\infty\leqslant 1$ 作用时的最优抗扰控制器的设计问题 (l^1 优化设计问题). 在许多实际系统中一般不能确知系统的模型 $\hat{P}$, 这往往是由于系统参数的变化,未建模因子的存在,非线性系统线性化等因素造成的. 这时的系统可描述为 $\hat{P}=\hat{P}_0(I+\delta\hat{P})$ 或者 $\hat{P}=\hat{P}_0+\delta\hat{P}$, 这里 $\hat{P}_0$ 是名义系统, $\delta\hat{P}$ 是未知的线性或者非线性因子. 要求设计的控制器 $\hat{C}$ 不仅能使系统具有指定的抗扰性,还要求具有鲁棒稳定性.

M. A. Dahlah 和 J. B. Pearson 在文献 [4] 中对这个问题进行了讨论, 用综合灵敏度指标函数来同时考虑系统的鲁棒稳定性和抗扰性. 但是, 他们的方法只能用于单变量系统而不能推广用于多变量系统.

本文给出了一种新的综合灵敏度指标. 这种指标函数不仅可用于单变量系统, 也适用于多变量系统. 并且通过对权系数的改变, 设计者可在鲁棒性和抗扰性两者的侧重上进行灵活的选择.

二、鲁棒、抗扰综合指标优化设计

1. 鲁棒稳定的条件

为了描述待讨论的问题,先给出一些基本的概念. 在本文中, l^1_{mn} 表示元素属于 l^1 空

本文于 1989 年 3 月 11 日收到.
1) 国家自然科学基金资助项目.

间的 $m\times n$ 矩阵；l_n^∞ 表示元素属于 l^∞ 空间的 n 维向量. 且对 $f\in l_n^\infty$ 定义

$$\|f\|_\infty=\max_i\|f_i\|_\infty, \tag{2.1}$$

其中 $f=(f_1,f_2,\cdots\cdots f_n)^T$, $f_i\in l^\infty$.

用 A 表示全体 BIBO 稳定系统的脉冲传递矩阵. 对 $\hat{H}\in A$, 用 $H=(h_{ij})$ 表示对应的脉冲响应矩阵. 由文献[1]知 $H\in l_{mn}^1$, 即 A 是 l_{mn}^1 中全体元素 Z 变换[1)]的集合. 视 $\hat{H}\in A$ 是 l_n^∞ 上的线性算子,对 $\hat{H}\in A$, $f\in l_n^\infty$, 有

$$\hat{H}:\ l_n^\infty\to l_m^\infty,$$
$$\hat{H}(f)=H*f. \tag{2.2}$$

其中“*”表示卷积. 这个线性算子的范数是

$$\|\hat{H}\|_A=\max_i\sum_{j=1}^n\|h_{ij}\|_1=\|H\|_1^{[3]}. \tag{2.3}$$

下面给出系统 l^p 稳定的一般定义[4,5].

定义. 算子 $\hat{G}$ 满足下面两个条件时称为 l^p 稳定 ($1\leqslant p\leqslant\infty$):

1) $\hat{G}$ 是 l^p 到 l^p 的映射(不要求 $\hat{G}$ 一定是线性算子);

2) 增益 $g_p(\hat{G})<\infty$,

其中

$$g_p(\hat{G})=\sup_{\substack{x\in l^p\\ \|x\|_p\neq0}}\frac{\|\hat{G}x\|_p}{\|x\|_p}. \tag{2.4}$$

显然,通常所说的 BIBO 稳定就是这里的 l^∞ 稳定,并且当 $\hat{G}\in A$ 时,有

$$g_\infty(\hat{G})=\|\hat{G}\|_A^{[5]}. \tag{2.5}$$

文献[4]用小增益原理给出了系统鲁棒稳定的充分条件.

定理 2.1[4]. 给定系统的集合

$$\Omega_1=\{\hat{P}\,|\,\hat{P}=\hat{P}_0(I+\delta\hat{P})\}, \tag{2.6}$$

或者

$$\Omega_2=\{\hat{P}\,|\,\hat{P}=\hat{P}_0+\delta\hat{P}\}, \tag{2.7}$$

其中 $\hat{P}_0$ 是名义系统，$\delta\hat{P}$ 是 l^p 稳定的线性或非线性算子. 设控制器 $\hat{C}$ 使 $\hat{P}_0$ 内稳定，则 $\hat{C}$ 使一切 $\hat{P}\in\Omega_1$ 的闭环系统内稳定的充分条件是

$$g_p[(I+\hat{C}\hat{P}_0)^{-1}\hat{C}\hat{P}_0]g_p(\delta\hat{P})<1. \tag{2.8}$$

$\hat{C}$ 使一切 $\hat{P}\in\Omega_2$ 的闭环系统内稳定的充分条件是

$$g_p[(I+\hat{C}\hat{P}_0)^{-1}\hat{C}]g_p(\delta\hat{P})<1. \tag{2.9}$$

2. 鲁棒、抗扰综合灵敏度指标优化问题

现讨论如何确定一个综合的指标函数，使优化设计出的闭环系统同时具有鲁棒稳定性和抗扰性. 以 Ω_1 的系统为例进行讨论（对 Ω_2 可进行类似的讨论),这时的设计目标可归纳为两点:

---

1) 在 l^1 优化理论中,对序列 $t=\{t_i\}$ 定义 z 变换 $\hat{t}(z)=\sum_{i=0}^\infty t_iz^i$, 与习惯形式 $T(z)=\sum_{i=0}^\infty t_iz^{-i}$ 不同.它们之间的关系是 $\hat{t}\left(\frac{1}{z}\right)=T(z)$.

1) l^∞ 稳定下式所描述的系统

$\Omega_1 = \{\hat{P} \mid \hat{P} = \hat{P}_0(I + \hat{W}_1 \delta\hat{P});\ \delta\hat{P}$ BIBO 稳定，$g_\infty(\delta\hat{P}) \leqslant 1\}$.

2) 保持加权灵敏度函数 $\hat{S}\hat{W}_2$ 的增益尽量小。

这里 $\hat{S} = (I + \hat{C}\hat{P})^{-1}$，$\hat{W}_1, \hat{W}_2 \in A$ 是权矩阵。

对于加权模型摄动 $\hat{W}_1\delta\hat{P}$，与 (2.8) 式对应的鲁棒稳定条件是

$$g_p[(I + \hat{C}\hat{P}_0)^{-1}\hat{C}\hat{P}_0\hat{W}_1]g_p(\delta\hat{P}) < 1. \tag{2.10}$$

为求解这个问题，令 $\hat{S}_0 = (I + \hat{C}\hat{P}_0)^{-1}$，取权系数 p、q：$0 < p < 1$，$0 < q < 1$，$p + q = 1$，考虑优化问题

$$\inf_{\hat{C}} \left\| \begin{matrix} \frac{1}{p}(I - \hat{S}_0)\hat{W}_1 \\ \frac{1}{q}\hat{S}_0\hat{W}_2 \end{matrix} \right\|_A = \inf_{\hat{C}} \|\hat{\Phi}\|_A, \tag{2.11}$$

这里 $\hat{C}$ 是使 $\hat{P}_0$ 内稳的控制器。

定理 2.2. 若 $\|\hat{\Phi}\|_A < 1$，则有

1) 对任意 $\hat{P} \in \Omega_1$，闭环系统内稳定；

2) 对任意 $\hat{P} \in \Omega_1$，$g_\infty(\hat{S}\hat{W}_2) < 1$.

证明. 对于 $\hat{H} \in A$，由定义 $\|\hat{H}\|_A = \max\limits_i \sum\limits_{j=1}^{n} \|h_{ij}\|_1$ 可知

$$\left\| \frac{1}{p}(I - \hat{S}_0)\hat{W}_1 \right\|_A \leqslant \|\hat{\Phi}\|_A < 1, \tag{2.12}$$

$$\left\| \frac{1}{q}\hat{S}_0\hat{W}_2 \right\|_A \leqslant \|\hat{\Phi}\|_A < 1, \tag{2.13}$$

于是

$$\|(I - \hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A < p < 1, \tag{2.14}$$

$$\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A < q < 1, \tag{2.15}$$

式 (2.14) 和式 (2.15) 相加，得

$$\|(I - \hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A + \|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A < p + q = 1. \tag{2.16}$$

由 $(I - \hat{S}_0)\hat{W}_1 = (I + \hat{C}\hat{P}_0)^{-1}\hat{C}\hat{P}_0\hat{W}_1$ 和定理 2.1、式 (2.10)、式 (2.14) 可知，对任意 $\hat{P} \in \Omega_1$ 闭环系统内稳定。又

$$\begin{aligned} \hat{S}\hat{W}_2 &= (I + \hat{C}\hat{P})^{-1}\hat{W}_2 \\ &= [I + (I + \hat{C}\hat{P}_0)^{-1}\hat{C}\hat{P}_0\hat{W}_1\delta\hat{P}]^{-1}(I + \hat{C}\hat{P}_0)^{-1}\hat{W}_2 \\ &= [I + (I - \hat{S}_0)\hat{W}_1\delta\hat{P}]^{-1}\hat{S}_0\hat{W}_2, \end{aligned} \tag{2.17}$$

由文[4]知，当 $\hat{H}$ 是 l^∞ 稳定且 $g_\infty(\hat{H}) < 1$ 时，$(I + \hat{H})^{-1}$ 也 l^∞ 稳定，且

$$g_\infty[(I + \hat{H})^{-1}] \leqslant \frac{1}{1 - g_\infty(\hat{H})}, \tag{2.18}$$

所以

$$\begin{aligned} g_\infty(\hat{S}\hat{W}_2) &\leqslant g_\infty\{[I + (I - \hat{S}_0)\hat{W}_1\delta\hat{P}]^{-1}\}\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A \\ &\leqslant \frac{\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A}{1 - \|(I - \hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A g_\infty(\delta\hat{P})}. \end{aligned} \tag{2.19}$$

由式(2.14)和式(2.16)可得

$$\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A/(1-\|(I-\hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A)<1. \tag{2.20}$$

又有 $g_\infty(\delta\hat{P})\leqslant 1$，所以

$$g_\infty(\hat{S}\hat{W}_2)\leqslant\frac{\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A}{1-\|(I-\hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A}<1.$$

证毕

三、求解方法

设法把式(2.11)的优化问题转化为标准的 l^1 优化设计问题的形式 $\inf\limits_{\hat{K}\in S}\|\hat{H}-\hat{K}\|_A$，并找出 $\hat{K}$ 所属的集合 S，即可用现有的方法求解. 为此先将使 $\hat{P}_0$ 闭环内稳定的控制器 $\hat{C}$ 参数化.

定理 3.1[6]. 设 $\hat{P}_0$ 是有理分式矩阵，$(\hat{N}_r,\hat{D}_r)$ $(\hat{D}_l,\hat{N}_l)$ 分别是 $\hat{P}_0$ 在 A 中的右互质分解和左互质分解. 选择 $\hat{X}_r,\hat{Y}_r,\hat{X}_l,\hat{Y}_l\in A$ 使 $\hat{X}_r\hat{N}_r+\hat{Y}_r\hat{D}_r=I$，$\hat{N}_l\hat{X}_l+\hat{D}_l\hat{Y}_l=I$，则使 $\hat{P}_0$ 内稳定的控制器集合是

$$S(\hat{P}_0)=\{(\hat{Y}_r-\hat{R}\hat{N}_l)^{-1}(\hat{X}_r+\hat{R}\hat{D}_l)\,|\,\hat{R}\in A,\ |\hat{Y}_r-\hat{R}\hat{N}_l|\neq 0\}. \tag{3.1}$$

把式(3.1)代入 $\hat{S}_0$，有

$$\hat{S}_0=\hat{D}_r\hat{Y}_r-\hat{D}_r\hat{R}\hat{N}_l, \tag{3.2}$$

于是令

$$\hat{H}_1=\frac{1}{p}(I-\hat{D}_r\hat{Y}_r)\hat{W}_1,\quad \hat{K}_1=\frac{-1}{p}\hat{D}_r\hat{R}\hat{N}_l\hat{W}_1,$$

$$\hat{H}_2=\frac{1}{q}\hat{D}_r\hat{Y}_r\hat{W}_2,\qquad \hat{K}_2=\frac{1}{q}\hat{D}_r\hat{R}\hat{N}_l\hat{W}_2,$$

$$\hat{H}=(\hat{H}_1^T,\hat{H}_2^T)^T,\qquad \hat{K}=(\hat{K}_1^T,\hat{K}_2^T)^T.$$

优化问题(2.11)具有形式

$$\inf\|\hat{H}-\hat{K}\|_A, \tag{3.3}$$

其中 $\hat{K}$ 的选取范围是使与之对应的 $\hat{R}\in A$.

下面分别对 SISO 系统和 MIMO 系统讨论 $\hat{K}$ 所属的集合.

对于 SISO 系统 $\hat{p}_0=\hat{n}/\hat{d}$，有

$$\hat{h}_1=\frac{1}{p}(1-\hat{d}\hat{y})\hat{w}_1=\frac{1}{p}\hat{n}\hat{x}\hat{w}_1,\ \hat{h}_2=\frac{1}{q}\hat{d}\hat{y}\hat{w}_2,$$

$$\hat{k}_1=\frac{-1}{p}\hat{r}\hat{d}\hat{n}\hat{w}_1,\ \hat{k}_2=\frac{1}{q}\hat{r}\hat{d}\hat{n}\hat{w}_2, \tag{3.4}$$

其中 $\hat{x},\hat{y}$ 满足 $\hat{x}\hat{n}+\hat{y}\hat{d}=1$，权函数 $\hat{w}_1,\hat{w}_2\in A$.

令 $\hat{v}=\hat{d}\hat{n}\hat{w}_1$，设 $\hat{v}$ 在 Z 平面闭单位圆内的零点是 a_i，$i=1,2,\cdots n$，且互异. 于是有

定理 3.2. 式(3.4)中 $\hat{r}\in A$ 的充要条件是：$\hat{k}_1\in A$，且

$$\hat{k}_1(a_i)=0,\ i=1,2,\cdots n, \tag{3.5a}$$

$$p\hat{w}_2\hat{k}_1+q\hat{w}_1\hat{k}_2=0. \tag{3.5b}$$

证明. 式 (3.5a) 显然,只证 (3.5b).

由 $\hat{k}_1=\frac{-1}{p}\hat{r}\hat{d}\hat{n}\hat{w}_1$, 有 $\hat{r}\hat{d}\hat{n}=-p\hat{k}_1/\hat{w}_1$. 代入 $\hat{k}_2$,

$$\hat{k}_2=-p\hat{w}_2\hat{k}_1/q\hat{w}_1, \text{ 即}$$

$$p\hat{w}_2\hat{k}_1+q\hat{w}_1\hat{k}_2=0.$$

证毕.

所以,对于 SISO 系统 $\hat{K}$ 所属的集合是

$$S=\left\{\hat{K}=\begin{pmatrix}\hat{k}_1\\ \hat{k}_2\end{pmatrix}\middle|\ \hat{k}_1\in A, \text{ 且 } \hat{k}_1, \hat{k}_2 \text{ 满足式 } (3.5)\right\}. \tag{3.6}$$

$\hat{v}$ 有闭单位圆内的重零点时,可进行类似的分析. 这里不再重复.

对于 MIMO 系统, 令 $\hat{U}=\hat{D}_r$, $\hat{V}=\hat{N}_l\hat{W}_1$, 权矩阵 $\hat{W}_1, \hat{W}_2\in A$, 且 $\hat{W}_1^{-1}$, $\hat{W}_2^{-1}$ 存在. 为简化叙述, 设 $\hat{V}$ 列满秩, $\hat{U}$ 在 Z 平面闭单位圆内的零点是 a_i, $i=1, 2, \cdots n_1$, $\hat{V}$ 在闭单位圆内的零点是 b_j, $j=1, 2, \cdots n_2$, 且全部零点互异. 则有如下定理:

定理 3.3. 1) 存在非零行向量 α_i, $i=1, 2, \cdots n_1$ 和非零列向量 β_j, $j=1, 2, \cdots n_2$, 使得

$$\alpha_i\hat{U}(a_i)=0,\ i=1, 2, \cdots n_1, \tag{3.7a}$$

$$\hat{V}(b_j)\beta_j=0,\ j=1, 2, \cdots n_2. \tag{3.7b}$$

2) $\tilde{R}\in A$ 的充要条件是 $\hat{K}_1\in A$, 且

$$\alpha_i\hat{K}_1(\alpha_i)=0,\ i=1, 2, \cdots n_1, \tag{3.8a}$$

$$\hat{K}_1(b_j)\beta_j=0,\ j=1, 2, \cdots n_2, \tag{3.8b}$$

$$p\hat{K}_1\hat{W}_1^{-1}+q\hat{K}_2\hat{W}_2^{-1}=0. \tag{3.8c}$$

证明. (3.7), (3.8a), (3.8b) 三式的证明与文献[3]中引理的证明类似. 现只证式 (3.8c).

由 $\hat{K}_1=-\frac{1}{p}\hat{D}_r\hat{R}\hat{N}_l\hat{W}_1$, 有 $\hat{D}_r\hat{R}\hat{N}_l=-p\hat{K}_1\hat{W}_1^{-1}$, 代入 $\hat{K}_2$, 得

$$\hat{K}_2=-\frac{p}{q}\hat{K}_1\hat{W}_1^{-1}\hat{W}_2,$$

即得式 (3.8c). 证毕.

对于 MIMO 系统 $\hat{K}$ 所属的集合是

$$S=\left\{\hat{K}=\begin{pmatrix}\hat{K}_1\\ \hat{K}_2\end{pmatrix}\middle|\ \hat{K}_1\in A, \text{ 且 } \hat{K}_1, \hat{K}_2 \text{ 满足式 } (3\text{-}8)\right\}. \tag{3.9}$$

当 $\hat{V}$ 不是列满秩时将 $\hat{V}$ 分块为

$$\hat{V}=(\hat{V}_1, \hat{V}_2, \cdots \hat{V}_l),$$

其中 $\hat{V}_i$ 是列满秩矩阵. 再参照文献[4]中的讨论,可类似地得出 $\hat{K}$ 应属于的集合.

把综合指标优化设计问题转化为标准的 l^1 优化设计问题后,进一步可用类似文献[4]中的方法计算最优或次优指标函数 $\hat{\Phi}^*$ 和控制器 $\hat{C}^*$.

四、算　例

给定如下名义系统

$$\hat{P}_0=\begin{bmatrix}\dfrac{-4z^2-15z+3}{2z^2+9z-5} & \dfrac{8z^2+34z-8}{2z^2+9z-5}\\ \dfrac{-4z^2-17z+4}{2z^2+9z-5} & \dfrac{8z^2+36z-9}{2z^2+9z-5}\end{bmatrix},$$

系统存在未知的模型摄动 $\delta\hat{P}$，$\delta\hat{P}$ 满足 $g_\infty(\delta\hat{P})\leqslant 1/4$，和未知的持续有界扰动 d，d 满足 $\|d\|_\infty\leqslant 1/8$. 取权系数 $p=q=1/2$，求一个控制器 $\hat{C}^*$ 使 $\hat{P}=\hat{P}_0(I+\delta\hat{P}_0)$ 闭环内稳定，且 $g_\infty(\hat{S}\hat{W}_2)\leqslant 1$.

对 $\hat{P}_0$ 进行右互质和左互质分解后得到

$$\hat{D}_r=\begin{bmatrix}2z+10 & 2z-1\\ z+5 & 2z-1\end{bmatrix},\ \hat{Y}_r=\begin{bmatrix}1 & -1\\ 2 & -4\end{bmatrix},\ \hat{N}_l=\begin{bmatrix}1 & -1\\ -4z+1 & 8z-2\end{bmatrix}.$$

$\delta\hat{P}$，d 满足的条件等价于 $g_\infty(\delta\hat{P})\leqslant 1$，$\|d\|_\infty\leqslant 1$，而取权矩阵

$$\hat{W}_1=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{4} & 0\\ 0 & \dfrac{1}{4}\end{bmatrix},\ \hat{W}_2=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{8} & 0\\ 0 & \dfrac{1}{8}\end{bmatrix}.$$

$\hat{U}=\hat{D}_r$ 有一个闭单位圆内的零点 $a=1/2$，$\hat{V}=\hat{N}_l\hat{W}_1$ 也有一个闭单位圆内的零点 $b=1/4$. 用类似文献[3]的方法可求出 $\alpha=(-1\ \ 2)$，$\beta=(1\ \ 1)^T$. 于是 $\hat{K}$ 应满足的集合是

$$S=\left\{\hat{K}=\begin{pmatrix}\hat{K}_1\\ \hat{K}_2\end{pmatrix}\middle|\hat{K}_1\in A,\ \alpha\hat{K}_1\left(\frac{1}{2}\right)=0,\ \hat{K}_1\left(\frac{1}{4}\right)\beta=0\ \ \hat{K}_1+2\hat{K}_2=0\right\}.$$

由类似文献 [4] 中的方法算得

$$\hat{\Phi}_1^*=\begin{bmatrix}0.1666 & -0.6666z\\ -0.1666 & 0.6666z\end{bmatrix},\ \hat{\Phi}_2^*=\begin{bmatrix}0.1666 & 0.3333z\\ 0.0833 & 0.25-0.3333z\end{bmatrix}.$$

由 $\hat{C}=(\hat{S}_0^{-1}-I)\hat{P}_0^{-1}$，$\hat{S}_0=q\hat{\Phi}_2\hat{W}_2^{-1}$ 得

$$\hat{C}^*=\begin{bmatrix}z+4.5 & -z-4\\ -z-4.5 & z+4\end{bmatrix},$$

$$\|(I-\hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A=p\|\hat{\Phi}_1^*\|_A=0.4166.$$

由定理 2.2 知，$\hat{C}^*$ 使 $\hat{P}=\hat{P}_0(I+\delta\hat{P})$ 内稳定.

对于名义系统 $\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A=q\|\hat{\Phi}_2^*\|_A=0.3333$. 对实际系统，由式 (2.19) 有

$$g_\infty(\hat{S}\hat{W}_2)\leqslant\frac{\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A}{1-\|(I-\hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A}=0.5713.$$

满足全部设计要求.

五、结 论

采用本文给出的综合指标函数设计出的系统所能达到的指标和文献 [4] 中的一样，都是

$$\|\hat{S}_0\hat{W}_2\|_A+\|(I-\hat{S}_0)\hat{W}_1\|_A<1.$$

但是本文的综合灵敏度指标函数既可用于单变量系统也可用于多变量系统。并且通过选择权系数 p，q 可对鲁棒性和抗扰性进行灵活地加权，为设计鲁棒稳定的抗持续有界扰动控制器提供了新的途径。

参 考 文 献

[1] Vidyasagar, M., Optimal Rejection of Persistent Bounded Disturbances, *IEEE Trans. Auto. Cont.*, **AC-31** (1986), 6, 527—534.

[2] Dahleh, M. A. and Pearson, J. B., l^1 Optimal Feedback Controllers for Discrete-time Systems, Proc. Amer. Cont. Conf., Seattle, WA, June (1986), 1964—1968.

[3] Dahleh, M. A. and Pearson, J. B., l^1 Optimal Feedback Controllers for MIMO Discrete-time Systems, *IEEE Trans. Auto. Cont.*, **AC-32**(1987), 4, 314—322.

[4] Dahleh, M. A. and Pearson, J. B., Optimal Rejection of Persistent Disturbances, Robust Stability, and Mixed Sensitivity Minimization, *IEEE Trans. Auto. Cont.*, **AC-33** (1988), 8, 722—731.

[5] Desoer, C. A. and Vidyasagar, M., Feedback Systems, Input-output Properties, New York Academic, (1975).

[6] Vidyasagar, M., Control Systems Synthesis, A Factorization Approach, MIT Press, Cambridge MA, (1985).

THE OPTIMIZATION DESIGN OF l^1 ROBUST MIXED INDEX CONTROLLER

Fang Huajing　　Tu Jian

(Huazhong University of Science and Technology)

ABSTRACT

The problem discussed in this paper is the design of a mixed sensitivity index controller, which has robust stability and can optimally reject all persistent bounded disturbances. A new mixed sensitivity index is presented. This index function is suitable for both SISO and MIMO systems. By choosing weighting coefficients, the designer can weight the robustness or the capability of rejecting disturbance flexibly. A method is given, which solves the mixed index optimization design problem by translating this kind of problem into a normal l^1 optimization design problem.

Key words: Robust control; optimization; multivariable systems; control system design.