

不确定关联大系统的分散变结构控制设计*

温香彩 刘永清

(华南理工大学自动化系·广州, 510641)

摘要: 本文通过引入自适应 Lyapunov 函数, 利用矩阵论中的 Frobenius-Perron 定理和对角占优矩阵性质, 首次研究了一般形式的不确定关联大系统的分散变结构控制设计问题. 所建立的方法避免了已有方法在研究大系统分散控制时的局限性. 同时, 由于变结构控制的使用, 在线计算简便、易于实现. 以仿真数例说明了所建立方法的可行性与有效性.

关键词: 分散变结构控制; 切换函数; 滑动模

1 引言

目前, 大系统的基本理论已经建立^[1~3], 对镇定问题设计的控制大部分为连续的状态反馈或输出反馈. 这样的控制对不确定系统鲁棒性较弱, 而且设计过程复杂, 在线计算时间长. 而变结构控制对系统参数变化及外部干扰具有完全的自适应性, 且设计过程简单、易于实现. 八十年代初, Lefebvre^[4]等把变结构控制引入到了大系统, 采用的方法有以下几种:

1) 逐项超优和动态补偿器法^[4~6]: 这种方法设计的控制为不完全分散变结构控制. 虽然对每一子系统设计的控制不明显地依赖于其他子系统的状态, 但切换函数的选取却与关联项有关. 该方法仅适用于不存在输入关联的情况.

2) 递阶控制法^[7~8]: 此方法由 Utkin^[7]提出, 适用于关联输入矩阵为上(下)三角形情况.

3) 分层控制法^[9~10]: 适用范围同 2).

本文采用与上不同的方法, 利用对角占优矩阵的性质、Frobenius-Perron 定理, 结合 Lyapunov 函数, 研究了一般不确定关联大系统的分散镇定问题. 在一定条件下, 对系统设计了完全分散变结构控制(即每一子系统的控制与切换函数完全依赖于此子系统的状态, 与其他子系统的状态无关), 实现了设计中各子系统控制器的完全分离, 设计过程易于实现.

2 系统的描述及预备知识

本文考虑由 N 个子系统

$$\begin{aligned} \dot{x}_i = & (A_i + \Delta A_{ii})x_i + (B_i + \Delta B_{ii})u_i + \sum_{j=1, j \neq i}^N (A_{ij} + \Delta A_{ij})x_j \\ & + \sum_{j=1, j \neq i}^N (B_{ij} + \Delta B_{ij})u_j, \quad i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (2.1)$$

* 高等学校博士点专项基金资助项目.

本文于 1994 年 6 月 18 日收到. 1994 年 10 月 24 日收到修改稿.

组成的多输入不确定关联系统

$$\dot{x} = Ax + Bu + \Delta Ax + \Delta Bu$$

(2.2)

的分散变结构控制问题. 这里

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_{12} & \cdots & A_{1N} \\ A_{21} & A_2 & \cdots & A_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{N1} & A_{N2} & \cdots & A_N \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} B_1 & B_{12} & \cdots & B_{1N} \\ B_{21} & B_2 & \cdots & B_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{N1} & B_{N2} & \cdots & B_N \end{bmatrix},$$

$$\Delta A = \begin{bmatrix} \Delta A_{11} & \Delta A_{12} & \cdots & \Delta A_{1N} \\ \Delta A_{21} & \Delta A_{22} & \cdots & \Delta A_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta A_{N1} & \Delta A_{N2} & \cdots & \Delta A_{NN} \end{bmatrix}, \quad \Delta B = \begin{bmatrix} \Delta B_{11} & \Delta B_{12} & \cdots & \Delta B_{1N} \\ \Delta B_{21} & \Delta B_{22} & \cdots & \Delta B_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta B_{N1} & \Delta B_{N2} & \cdots & \Delta B_{NN} \end{bmatrix},$$

$$x = (x_1^T, x_2^T, \dots, x_N^T)^T, \quad u = (u_1^T, u_2^T, \dots, u_N^T)^T.$$

$x_i \in \mathbb{R}^{n_i}, u_i \in \mathbb{R}^{m_i}$ 分别为子系统的状态、控制信号, $\sum_{i=1}^N n_i = n, \sum_{i=1}^N m_i = m, A_i, B_i, A_{ij}$ 和 $B_{ij} (i \neq j)$ 为相容维数的常矩阵, ΔA_{ij} 和 ΔB_{ij} 为系统参数的变化; A_{ij} 和 $B_{ij} (i \neq j)$ 分别为子系统之间的状态关联和输入关联系数矩阵.

(2.1) 的理想孤立子系统(记为 (A_i, B_i)) 为

$$\dot{x}_i = A_i x_i + B_i u_i. \quad (2.3)$$

做以下假设:

假设 1 (A_i, B_i) 能控.

假设 2 $\Delta A_{ij} \in I_m(B_i), \Delta B_{ij} \in I_m(B_i), A_{ij} \in I_m(B_i), B_{ij} \in I_m(B_i)$, 这里 $I_m(B_i)$ 表示矩阵 B_i 的值域.

假设 3 $\|\Delta A_{ij}\| \leq \alpha_{ij}, \|\Delta B_{ij}\| \leq \beta_{ij} \quad i, j = 1, \dots, N.$

引理 2.1^[11] (Frobenius-Perron 定理)

对一具有非负元素的方阵 $D = (d_{ij})$, 它的最大实特征值 $\rho_1 \geq 0$. 进一步, 当向量 z 的所有元素非负时, 若 $\rho > \rho_1$, 则 $(I - \rho^{-1}D)y = z$ 有唯一的解 y , 且它的所有元素非负.

本文矩阵范数为诱导范数, 即 $\|A\| = (\sigma_{\max}(A^T A))^{\frac{1}{2}}$, 向量范数为欧几里德范数. 即

$$\|x\| = \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

3 主要结果

利用变结构系统方法设计控制可分为两步: 第一步设计切换函数 S , 使系统在切换流形 $S = 0$ 上具有所希望的动态品质; 第二步设计变结构控制律, 使系统在流形外的轨线在有限时间内到达此流形, 实现滑动模运动. 下面分别进行设计.

3.1 设计切换函数 S , 使理想滑动模稳定

对系统(2.1), 切换函数可描述为

$$S = (S_1^T, S_2^T, \dots, S_N^T)^T. \quad (3.1)$$

其中 S_i 为第 i 个子系统的切换函数. 设为

4 期

$$S_i = C_i x_i, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (3.2)$$

这里 C_i 为待定的相容维数常矩阵.

由假设 1, 存在 K_i , 使

$$\sigma(A_i + B_i K_i) \subset C^-, \quad C^- \text{ 为左半复平面}. \quad (3.3)$$

取 $C_i \in \{N: N(B_i K_i + A_i) = 0, NB_i \text{ 可逆}\}$, 则有

$$C_i(B_i K_i + A_i) = 0, \quad C_i B_i \text{ 可逆}. \quad (3.4)$$

在切换子流形 $S_i = 0$ 上, 由 $\dot{S}_i = 0$ 得等效控制 u_{ieq} :

$$u_{ieq} = -(C_i B_i)^{-1} \left[C_i A_i x_i + C_i \sum_{j=1}^N (\Delta A_{ij} x_j + \Delta B_{ij} u_j) + C_i \sum_{j \neq i}^N (A_{ij} x_j + B_{ij} u_j) \right].$$

将 u_{ieq} 代入 (2.1) 得子系统 i 的理想滑动模方程

$$\begin{aligned} \dot{x}_i = & (A_i - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i A_i) x_i + (I - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i) \sum_{j=1}^N (\Delta A_{ij} x_j + \Delta B_{ij} u_j) \\ & + (I - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i) \sum_{j \neq i}^N (A_{ij} x_j + B_{ij} u_j). \end{aligned} \quad (3.5)$$

由假设 2, (3.5) 式为

$$\dot{x}_i = (A_i - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i A_i) x_i, \quad (3.6)$$

即子系统 i 的理想滑动模运动对关联项及参数变化具有不变性.

注意到 (3.3) 和 (3.4), 有

$$\sigma(A_i - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i A_i) \subset C^-.$$

对系统 (2.2), 在切换流形 $S = 0$ 上, 理想滑动模运动方程为

$$\dot{x} = E x, \quad E = \text{diag}\{E_1, E_2, \dots, E_N\}, \quad E_i = A_i - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i A_i.$$

显然

$$\sigma(E) = \bigcup_{i=1}^N \sigma(E_i) = \bigcup_{i=1}^N \sigma(A_i - B_i (C_i B_i)^{-1} C_i A_i) \subset C^-.$$

故在 $S = 0$ 上, 系统稳定.

3.2 设计分散变结构控制 $u = (u_1^T, u_2^T, \dots, u_N^T)^T$

设计的目的为大系统 (2.2) 在 u 的作用下, 于有限时间 T 到达 $S = 0$, 实现滑动模运动. 注意到 (3.1) 只需设计 u_i 使 S_i 在有限时间 T 为零即可 ($i = 1, 2, \dots, N$). 为此, 考虑如下形式的 Lyapunov 函数

$$V(t) = \sum_{i=1}^N \gamma_i \|S_i(t)\|. \quad (3.7)$$

这里 γ_i 为待定的正常数.

沿着 (2.1) 的轨道, V 关于 t 的导数为

$$\begin{aligned} \dot{V} = & \sum_{i=1}^N \gamma_i S_i^T \frac{\dot{S}_i}{\|S_i\|} \\ = & \sum_{i=1}^N \frac{\gamma_i S_i^T}{\|S_i\|} \left[(C_i A_i x_i + C_i B_i u_i + C_i \sum_{j=1}^N (\Delta A_{ij} x_j + \Delta B_{ij} u_j) \right. \\ & \left. + C_i \sum_{j=1, j \neq i}^N (A_{ij} x_j + B_{ij} u_j) \right]. \end{aligned} \quad (3.8)$$

取 u_i 为

$$u_i = -(C_i B_i)^{-1} (C_i A_i x_i + M_i \|x_i\| \operatorname{sgn} S_i + R_i \operatorname{sgn} S_i). \quad (3.9)$$

这里 M_i, R_i 为待定的正常数, sgn 为符号函数. 则在控制 u_i 的作用下, (3.8) 式为

$$\begin{aligned} \dot{V} \Big|_{(2.1)} &= \sum_{i=1}^N \frac{\gamma_i S_i^T}{\|S_i\|} \left[-M_i \|x_i\| \operatorname{sgn} S_i - R_i \operatorname{sgn} S_i \right] + C_i \sum_{j=1}^N \Delta A_{ij} x_j \\ &\quad + C_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N A_{ij} x_j + \sum_{j=1}^N C_i \Delta B_{ij} \left[-(C_j B_j)^{-1} (C_j A_j x_j + M_j \|x_j\| \operatorname{sgn} S_j + R_j \operatorname{sgn} S_j) \right] \\ &\quad + C_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N B_{ij} \left[-(C_j B_j)^{-1} (C_j A_j x_j + M_j \|x_j\| \operatorname{sgn} S_j + R_j \operatorname{sgn} S_j) \right] \\ &\leq - \sum_{i=1}^N \gamma_i \left[(M_i - \|C_i\| \alpha_{ii}) \|x_i\| - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \|C_i\| (\alpha_{ij} + \|A_{ij}\|) \|x_j\| \right. \\ &\quad - \|C_i\| \beta_{ii} \|(C_i B_i)^{-1}\| (\|C_i A_i\| + M_i) \|x_i\| \\ &\quad - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \|C_i\| (\beta_{ij} + \|B_{ij}\|) \|(C_j B_j)^{-1}\| (\|C_j A_j\| + M_j) \|x_j\| \Big] \\ &\quad - \sum_{i=1}^N \gamma_i \left[(R_i - \|C_i\| \|(C_i B_i)^{-1}\| \beta_{ii} R_i \right. \\ &\quad \left. - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (\beta_{ij} + \|B_{ij}\|) \|C_i\| \|(C_j B_j)^{-1}\| R_j \right]. \end{aligned} \quad (3.10)$$

令

$$b_{ij} = \|C_i\| (\alpha_{ij} + \|A_{ij}\|) + \|C_i\| (\beta_{ij} + \|B_{ij}\|) \|(C_j B_j)^{-1}\| (\|C_j A_j\| + M_j), \quad i \neq j.$$

如果取 M_i, R_i 满足下述方程组

$$M_i - \|C_i\| \alpha_{ii} - \|C_i\| \|(C_i B_i)^{-1}\| \beta_{ii} (\|C_i A_i\| + M_i) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N b_{ij} + \epsilon, \quad (3.11)$$

$$R_i - \|C_i\| \|(C_i B_i)^{-1}\| \beta_{ii} R_i - \|C_i\| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (\beta_{ij} + \|B_{ij}\|) \|(C_j B_j)^{-1}\| R_j = \eta. \quad (3.12)$$

这里 $\epsilon > 0, \eta > 0$, 则 (3.10) 式为

$$- \sum_{i=1}^N \gamma_i \left[\left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N b_{ij} + \epsilon \right) \|x_i\| - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N b_{ij} \|x_j\| \right] - \eta \sum_{i=1}^N \gamma_i = - \eta \sum_{i=1}^N \gamma_i - \gamma^T - \theta X. \quad (3.13)$$

这里

$$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N)^T, \quad X^T = (\|x_1\|, \|x_2\|, \dots, \|x_N\|)^T,$$

$$\theta = \begin{bmatrix} \sum_{j=2}^N b_{1j} + \epsilon & -b_{12} & \cdots & -b_{1N} \\ -b_{21} & \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N b_{ij} + \epsilon & \cdots & -b_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -b_{N1} & -b_{N2} & \cdots & \sum_{j=1}^N b_{Nj} + \epsilon \end{bmatrix}.$$

显然, θ 为严格对角占优矩阵. 又 θ 的非对角线元素皆为负, 故存在正向量 $z = (z_1, z_2, \dots, z_N)^T$ 使

$$z^T \theta = W = (w_1, w_2, \dots, w_N) > 0. \quad (3.14)$$

令 $\gamma = z$, 则由 (3.13), (3.14) 得

$$\dot{V} \Big|_{(2.1)} \leq -\eta \sum_{i=1}^N z_i - \sum_{i=1}^N w_i \|x_i\| < -\eta \sum_{i=1}^N z_i.$$

从 0 到 t 积分得

$$V(t) - V(0) < -\eta \sum_{i=1}^N z_i t.$$

注意到 $V(t) \geq 0$, 故存在 $T \leq \frac{V(0)}{\eta \sum_{i=1}^N z_i}$, 使 $V(T) = 0$. 又 $V(T) = \sum_{i=1}^N \gamma_i \|S_i\|$, $\gamma_i > 0$. 故

$$S_i(T) = 0.$$

下面证明 (3.11) 和 (3.12) 有解.

首先考虑 (3.11). 把 b_{ij} 代入整理得

$$\begin{aligned} & (1 - \|C_i\| \|(C_i B_i)^{-1}\| \beta_{ii}) M_i - \sum_{j \neq i}^N \|C_i\| (\beta_{ii} + \|B_{ij}\|) \|(C_j B_j)^{-1}\| M_j \\ &= \|C_i\| \alpha_{ii} + \|C_i\| \|(C_i B_i)^{-1} C_i A_i\| \beta_{ii} + \sum_{j \neq i}^N \|C_i\| (\alpha_{ij} + \|A_{ij}\| \\ &+ \beta_{ij} + \|B_{ij}\|) \|(C_j B_j)^{-1}\| \|C_j A_j\| + \epsilon. \end{aligned} \quad (3.15)$$

令

$$\begin{aligned} D_{ij} &= \begin{cases} \|C_i\| \|(C_i B_i)^{-1}\| \beta_{ii}, & i = j, \\ \|C_i\| (\beta_{ij} + \|B_{ij}\|) \|(C_j B_j)^{-1}\|, & i \neq j, \end{cases} \\ f^T &= (f_1, f_2, \dots, f_N), \quad M^T = (M_1, M_2, \dots, M_N). \end{aligned}$$

f_i 为等式 (3.15) 右边部分.

则 (3.15) 可写成集中形式

$$(I - D)M = f. \quad (3.16)$$

若参数 β_{ij} 使矩阵 D 的最大特征值小于 1, 则由 Frobenius-Perron 定理知, (3.16) 存在唯一的正解 $M = (M_1, M_2, \dots, M_N)^T$.

其次考虑 (3.12). 令 $R = (R_1, R_2, \dots, R_N)^T$, $g^T = (\eta, \eta, \dots, \eta)$, 则 (3.12) 的集中形式为

$$(I - D)R = g.$$

系数矩阵同 (3.16) 的系数矩阵相同. 故, 当参数 β_{ij} 满足与上同样的条件时, (3.17) 有唯一正解 R .

定理 3.1 对不确定关联大系统 (2.2), 如果假设 1~3 成立, 则存在切换流形 (3.1), 在此流形上, 系统渐近稳定.

定理 3.2 在定理 3.1 的条件下, 如果参数 β_{ij} 使矩阵 $D = (D_{ij})$ 的最大特征值小于 1, 则存在分散变结构控制 $u = (u_1^T, u_2^T, \dots, u_N^T)^T$, 使系统在此控制作用下, 在有限时间内到达

$S = 0$ 实现滑动模运动. 这里 u_i 为式(3.9), (3.11)和(3.12).

4 数值例子

考虑一由两个二阶子系统组成的四阶系统

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}}_1 = & \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{4} & \frac{5}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_1 + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{5}{4} & \frac{5}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u_1 + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{1}{3\sqrt{2}} \end{pmatrix} u_2 \\ & + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{12} & \delta A_{12} \end{pmatrix} \bar{x}_2 + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{11} & \delta A_{11} \end{pmatrix} \bar{x}_1 + \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta B_{11} \end{pmatrix} u_1 + \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta B_{12} \end{pmatrix} u_2, \quad (4.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}}_2 = & \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{5}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_1 + \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{3}{2} & -\frac{7}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{1}{3\sqrt{2}} \end{pmatrix} u_1 \\ & + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{21} & \delta A_{21} \end{pmatrix} \bar{x}_1 + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{22} & \delta A_{22} \end{pmatrix} \bar{x}_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta B_{22} \end{pmatrix} u_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta B_{21} \end{pmatrix} u_1, \quad (4.2) \end{aligned}$$

其孤立子系统分别为

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}}_1 = & \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{4} & \frac{5}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_1 + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u_1, \quad \bar{x}_1 = (x_1 \ x_2)^T, \\ \dot{\bar{x}}_2 = & \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{3}{2} & -\frac{7}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u_2, \quad \bar{x}_2 = (x_3 \ x_4)^T. \end{aligned}$$

显然, 假设1,2成立, 如果

$$\|\Delta A_{11}\| = \left\| \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{11} & \delta A_{11} \end{pmatrix} \right\| = \left\| \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{22} & \delta A_{22} \end{pmatrix} \right\| = \|\Delta A_{22}\| \leq 1,$$

$$\|\Delta A_{12}\| = \left\| \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{12} & \delta A_{12} \end{pmatrix} \right\| = \|\Delta A_{21}\| = \left\| \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \delta A_{21} & \delta A_{21} \end{pmatrix} \right\| \leq 1,$$

$$\|\Delta B_{11}\| \leq \frac{1}{4\sqrt{2}}, \quad \|\Delta B_{22}\| \leq \frac{1}{4\sqrt{2}}, \quad \|\Delta B_{21}\| \leq \frac{1}{4\sqrt{2}}, \quad \|\Delta B_{22}\| \leq \frac{1}{4\sqrt{2}},$$

则矩阵 D 为

$$D = \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{7}{12} & \frac{1}{4} \end{pmatrix}, \quad \lambda_{\max}(D) = \frac{5}{6} < 1.$$

因此定理3.1、定理3.2的条件成立. 对系统(4.1), (4.2)存在切换函数 $S = (S_1, S_2)^T, S_i = (1, 1)\bar{x}_i, i = 1, 2$, 和分散控制 $u = (u_1, u_2)^T$.

$$u_1 = - \left[\begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & \frac{9}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_1 + M_1 \|\bar{x}_1\| \operatorname{sgn} S_1 + \frac{6}{5} \operatorname{sgn} S_1 \right],$$

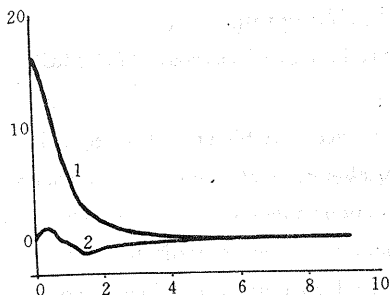
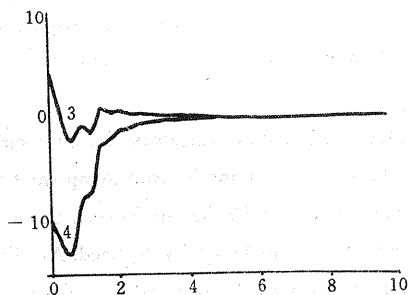
$$u_2 = - \left[\begin{pmatrix} -\frac{3}{2} & -\frac{3}{4} \end{pmatrix} \bar{x}_2 + M_2 \|\bar{x}_2\| \operatorname{sgn} S_2 + \frac{6}{5} \operatorname{sgn} S_2 \right].$$

其中

$$M_1 = \frac{39}{10} \sqrt{2} - \frac{21}{80} \sqrt{5} - \frac{29}{80} \sqrt{82} - \frac{6}{5},$$

$$M_2 = \frac{39}{10} \sqrt{2} + \frac{3}{4} \sqrt{5} - \frac{7}{80} \sqrt{82} + \frac{6}{5}.$$

仿真曲线见图1和图2.

图1 x_1, x_2 的响应曲线图2 x_3, x_4 的响应曲线

5 结 论

本文巧妙地利用对角占优矩阵的性质和 Frobenius-Perron 定理, 结合 Lyapunov 函数, 研究了一般不确定关联大系统的分散变结构控制设计问题. 提出的设计方法克服了以前所建立方法的局限性^[4~10], 且设计过程简单、易于实现. 仿真例子说明了此方法的有效性和可行性.

参 考 文 献

- [1] 刘永清, 宋中昆. 大型动力系统的理论与应用(卷 I). 广州: 华南理工大学出版社, 1988
- [2] Michel, A. N. and Miller, R. K.. Qualitative Analysis of Large Dynamic Systems. New York: Elsevier North-Holland, 1977
- [3] Siljak, D. D.. Large Scale Dynamic Systems-Stability and Structure. New York: Elsevier North-Holland, 1978
- [4] Richter, S., Lefebvre, S. and Decarlo, R.. Control of a Class of Nonlinear Systems by Decentralized Control. IEEE Trans. Automat. Contr., 1982, AC-27(2): 492—494
- [5] Lefebvre, S., Richter, S. and Decarlo, R.. Decentralized Variable Structure Control Design for a Two-Pendulum System. IEEE Trans. Automat. Contr., 1983, AC-28(12): 1112—1114
- [6] Matthew, G. P. and Decarlo, R.. Decentralized Variable Structure Control of Interconnected Multi-input Multi-Output Nonlinear Systems. Proc. of 24th conf. on Design and Control, Ft. Luderle, 1985: 1719—1724
- [7] Utkin, V.. Sliding Modes and Their Application in Variable Structure Systems. Moscow: MIR Publishers, 1978
- [8] Khuran, H., Ahson, S. I. and Lamb, S. S.. Variable Structure Control Design for Large-scale Systems. IEEE Trans. Syst. Man & Cyb., 1986, 16(4): 573—576
- [9] Khuran H., Ahson, S. I. and Lamb, S. S.. On Stabilization of Large-Scale Control Systems Using Variable Structure Systems Theory. IEEE Trans. Automat. Contr., 1986, AC-31(2): 176—178
- [10] Fuchs, A. and Mukundan, R.. Design of Variable Structure Controllers for Large-Scale Multivariable Systems Using Eigenvalue Placement. Int. J. Syst. Sci., 1988, 19(11): 2283—2289
- [11] Luenberger, D. G.. Introduction to Dynamic Systems. New York: John Wiley & Sons., 1979

Decentralized Variable Structure Control of Large Scale Uncertain Systems

WEN Xiangcai and LIU Yongqing

(Department of Automation, South China University of Technology, Guangzhou, 510641, PRC)

Abstract: This paper considers the problem of decentralized variable structure control design for large scale uncertain systems by employing the theory of variable structure control, the property of diagonal dominant matrices, Frobenius-Perron theorem and Lyapunov function. The control we designed is straightforward and can be easily realized. An illustrate example is given to verify the valid of method.

Key words: decentralized variable structure control; switching function; sliding mode

本文作者简介

温香彩 见本刊1995第1期第119页.

刘永清 见本刊1995第1期第69页.

《最新自动控制技术——数字预见控制》一书的简介

提高自动控制系统的性能,使自动控制高精度化,是当今控制工程中的一个重要课题。预见控制就是为解决这一问题,在80年代末期逐步发展起来的控制领域中的又一个新学科。它是利用系统已知的未来信息,以误差系统为基础和微型计算机为技术手段的一类新型的最优控制方法。由日本学者土谷武士和江上正两位教授共著,由我国学者廖福成先生翻译的《最新自动控制技术——数字预见控制》一书(北京科学技术出版社,1994年11月)是迄今为止第一部系统论述预见控制理论和应用的专著。该书共有七章内容。

第一章什么是预见控制。介绍了预见控制的基本思想、研究发展状况。第二章数字式最优误差伺服系统。就误差系统的导出和基本控制性能等进行了论述。第三章数字最优预见伺服系统。论述了预见控制算法的求解方法和具有的基本性质。第四章最优预见伺服系统的渐近特性,分析讨论了预见控制的极限特性。第五章一般化预测控制(GPC)与最优预见伺服系统的关系。论述CARIMA模型的最优预见控制设计方法以及一般化预测控制与预见控制各自的特点。第六章预见控制的扩展。对预见控制的各种结构形式,如非干涉预见控制、基于传递函数的预见控制等进行了分析论述。第七章预见控制的应用实例。着重介绍了预见控制在机电一体化领域,如电机、机床、机器人等方面的应用实例。

纵观全书,内容丰富系统,结构完整,层次分明,推证严谨,图文并茂。具有较高的学术价值和工程实用价值,不失为预见控制发展史上的一个阶段性成果。该书中文版的出版,不但为我们学习和研究预见控制技术提供了很有参考价值的学术专著,而且对推动自动控制技术的研究和发展无疑会起到积极的作用。

武汉工业大学机械工程系
谭跃钢