

多变量双线性系统的自校正解耦控制¹⁾

孙 西

(四川联合大学自动化系 成都 610065)

金以慧 方崇智

(清华大学自动化系 北京 100084)

摘 要 对多变量双线性系统提出了一种自校正解耦控制算法,该算法具有全局收敛性并能确保闭环系统的稳定性,仿真实验表明了其算法的有效性.

关键词 多变量双线性系统,自校正解耦控制,全局收敛性.

1 引言

近年来,单变量双线性系统自校正控制的研究取得了一定的进展,提出了若干稳定的控制算法^[1-5].对于多变量双线性系统,其自校正控制及稳定性、收敛性分析还未见报道.

本文针对一类多变量双线性系统提出了自校正解耦控制算法,并给出了全局收敛性分析和仿真结果.

2 解耦控制器

考虑多输入多输出(MIMO)双线性系统

$$A(q^{-1})y(t) = D(q^{-1})B(q^{-1})u(t) + D(q^{-1})E(q^{-1})y(t)u(t) + C(q^{-1})\xi(t), \quad (1)$$

其中 $y(t)$, $u(t)$ 和 $\xi(t)$ 分别为 n 维输出、输入和干扰向量. $\xi(t)$ 满足下列假设:

$$E\{\xi(t)/F_{t-1}\} = 0, \quad \text{a. s.}$$

$$E\{\xi(t)\xi(t)^T/F_{t-1}\} = \Lambda, \quad \text{a. s. 且 } \text{trace}\Lambda < \infty,$$

$$\limsup_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \|\xi(t)\|^2 < \infty, \quad \text{a. s.}$$

这里 $\{F_t\}$ 为非降子 σ 代数族. A, B, C 和 E 是单位时延算子 q^{-1} 的矩阵多项式, $A(q^{-1}) = \text{diag}[A_i(q^{-1})]$, $C(q^{-1}) = \text{diag}[C_i(q^{-1})]$, $B(q^{-1}) = [B_{ij}(q^{-1})]$, $E(q^{-1}) = [E_{ij}(q^{-1})]$, $D(q^{-1})$ 是时延矩阵且 $D(q^{-1}) = \text{diag}[q^{-K_i}]$, $K_i \geq 1$.

为实现解耦控制, (1) 式可写为

1) 国家自然科学基金和国家教委博士点基金资助项目.

$$A(q^{-1})\mathbf{y}(t) = D(q^{-1})B_D(q^{-1})\mathbf{u}(t) + D(q^{-1})B_{UL}(q^{-1})\mathbf{u}(t) + D(q^{-1})E(q^{-1})\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t) + C(q^{-1})\boldsymbol{\xi}(t), \quad (2)$$

其中 $B(q^{-1}) = B_D(q^{-1}) + B_{UL}(q^{-1})$, $B_D(q^{-1}) = \text{diag}[B_{ii}(q^{-1})]$; $B_{UL}(q^{-1}) = [B_{ij}(q^{-1})]$ 且 $B_{ij}(q^{-1}) = 0$.

取控制性能指标为

$$J = E\{\|P(q^{-1})D(q)\mathbf{y}(t) - \bar{R}(q^{-1})\mathbf{y}^*(t) + Q(q^{-1})\mathbf{u}(t) + S(q^{-1})\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t)\|^2/F_i\}, \quad (3)$$

其中 $\mathbf{y}^*(t)$ 是 n 维系统设定值, $S(q^{-1})$ 的引入是为了在双线性情况下实现动态解耦. 式中各多项式定义如下:

$$P(q^{-1}) = \text{diag}[P_i(q^{-1})], P_i(0) = 1; \bar{R}(q^{-1}) = \text{diag}[\bar{R}_i(q^{-1})], \bar{R}_i(0) = 1, \\ S(q^{-1}) = [S_{ij}(q^{-1})]; D(q) = D(q^{-1})^{-1} = \text{diag}[q^{K_i}],$$

$Q(q^{-1})$ 可分解为 $Q(q^{-1}) = Q_D(q^{-1}) + Q_{UL}(q^{-1})$, 而 $Q_D(q^{-1}) = \text{diag}[Q_{ii}(q^{-1})]$, $Q_{UL}(q^{-1}) = [Q_{ij}(q^{-1})]$ 且 $Q_{ii} = 0$.

定义辅助向量 $\boldsymbol{\varphi}(t)$ 为

$$\boldsymbol{\varphi}(t) = P(q^{-1})\mathbf{y}(t).$$

引理1. $D(q)\boldsymbol{\varphi}(t)$ 的最优预测 $D(q)\boldsymbol{\varphi}^*(t)$ 为

$$D(q)\boldsymbol{\varphi}^*(t) = C(q^{-1})^{-1}[G(q^{-1})\mathbf{y}(t) + (H_D(q^{-1}) + H_{UL}(q^{-1}))\mathbf{u}(t) + R(q^{-1})\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t)], \quad (4)$$

其中

$$H_D(q^{-1}) = F(q^{-1})B_D(q^{-1}), \quad H_{UL}(q^{-1}) = F(q^{-1})B_{UL}(q^{-1}), \\ R(q^{-1}) = F(q^{-1})E(q^{-1}), \quad \text{且 } F(q^{-1}) \text{ 和 } G(q^{-1}) \text{ 满足} \\ P(q^{-1})C(q^{-1}) = F(q^{-1})A(q^{-1}) + D(q^{-1})G(q^{-1}), \quad (5)$$

这里

$$F(q^{-1}) = \text{diag}[F_i(q^{-1})], \quad F_i(q^{-1}) = 1 + \sum_{r=1}^{K_i-1} f_{ir} q^{-r},$$

$$G(q^{-1}) = \text{diag}[G_i(q^{-1})], \quad G_i(q^{-1}) = \sum_{r=0}^{n_{gi}} g_{ir} q^{-r},$$

$$n_{gi} = \max\{n_{ai} - 1, n_{pi} + n_{ci} - K_i\}.$$

证明. 用文献[6]中方法可证, 详细推导从略.

定理1. i) 使目标函数(3)极小的最优控制律为

$$D(q)\boldsymbol{\varphi}^*(t) - \bar{R}(q^{-1})\mathbf{y}^*(t) + Q(q^{-1})\mathbf{u}(t) + S(q^{-1})\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t) = 0; \quad (6)$$

ii) 目标函数(3)的最小可能值为

$$J = E\{\|D(q)\mathbf{V}(t)\|^2/F_i\} = \Gamma^2, \quad (7)$$

其中 $D(q)\mathbf{V}(t) = D(q)F(q^{-1})\boldsymbol{\xi}(t)$;

iii) 闭环系统方程为

$$[B_D(q^{-1})P(q^{-1}) + Q_D(q^{-1})A(q^{-1})]\mathbf{y}(t) = D(q^{-1})[Q_D(q^{-1})B_{UL}(q^{-1}) - B_D(q^{-1})Q_{UL}(q^{-1})]\mathbf{u}(t) + D(q^{-1})[Q_D(q^{-1})E(q^{-1}) - B_D(q^{-1})S(q^{-1})]\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t) + D(q^{-1})B_D(q^{-1})\bar{R}(q^{-1})\mathbf{y}^*(t) + [B_D(q^{-1})F(q^{-1}) + Q_D(q^{-1})C(q^{-1})]\boldsymbol{\xi}(t). \quad (8)$$

证明. 用文献[6]中方法可证, 详细推导从略.

(8)式中, 显然 $[B_D(q^{-1})P(q^{-1}) + Q_D(q^{-1})A(q^{-1})]$ 是对角矩阵多项式. 要实现解耦控

制,需有

$$Q_D(q^{-1})B_{UL}(q^{-1}) - B_D(q^{-1})Q_{UL}(q^{-1}) = 0, \quad (9)$$

$$Q_D(q^{-1})E(q^{-1}) - B_D(q^{-1})S(q^{-1}) = 0, \quad (10)$$

为了实现自校正解耦控制,(9),(10)式中的系统参数应转换为控制器参数.用 $F(q^{-1})$ 乘以(9),(10)式,并设 $Q_D(q^{-1}) = \lambda \bar{Q}_D(q^{-1})$, $Q_{UL}(q^{-1}) = \lambda \bar{Q}_{UL}(q^{-1})$, $S(q^{-1}) = \lambda \bar{S}(q^{-1})$,有

$$\bar{Q}_D(q^{-1})H_{UL}(q^{-1}) - H_D(q^{-1})\bar{Q}_{UL}(q^{-1}) = 0, \quad (11)$$

$$\bar{Q}_D(q^{-1})R(q^{-1}) - H_D(q^{-1})\bar{S}(q^{-1}) = 0, \quad (12)$$

其中 H_{UL} , H_D 和 R 由下节的参数估计得到.离线选择 \bar{Q}_D 使闭环系统稳定,因此(11),(12)式中仅有 \bar{S} 和 \bar{Q}_{UL} 未知.对此可用最小二乘法解方程(11),(12)求出 \bar{S} 和 \bar{Q}_{UL} ,使得 $(\bar{Q}_D H_{UL} - H_D \bar{Q}_{UL})$ 和 $(\bar{Q}_D R - H_D \bar{S})$ 尽可能地为零^[7-8],从而实现近似动态解耦.为实现稳态解耦,可取 $\bar{Q}_D(1) = 0$, $\bar{Q}_{UL}(1) = 0$, $\bar{S}(1) = 0$;另一种稳态解耦的选择是

$$\bar{Q}_{UL}(1) = H_D(1)^{-1} \bar{Q}_D(1) H_{UL}(1), \quad (13)$$

$$\bar{S}(1) = H_D(1)^{-1} \bar{Q}_D(1) R(1). \quad (14)$$

3 自校正解耦控制器

由(4),(6)式和 $V(t)$ 定义得到控制器参数辨识方程和控制律方程

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & G(q^{-1})D(q^{-1})y(t) + H_D(q^{-1})D(q^{-1})u(t) + H_{UL}(q^{-1})D(q^{-1})u(t) \\ & + R(q^{-1})D(q^{-1})y(t)u(t) - \bar{C}(q^{-1})\varphi^*(t) + V(t), \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} D(q)W^*(t) = & G(q^{-1})y(t) + H_D(q^{-1})u(t) + H_{UL}(q^{-1})u(t) \\ & + R(q^{-1})y(t)u(t) - \bar{C}(q^{-1})D(q)\varphi^*(t), \end{aligned} \quad (16)$$

其中 $\bar{C}(q^{-1}) = C(q^{-1}) - C(0)$,

$$\begin{aligned} D(q)W^*(t) = & \bar{R}(q^{-1})y^*(t) - S(q^{-1})y(t)u(t) \\ & - Q_D(q^{-1})u(t) - Q_{UL}(q^{-1})u(t). \end{aligned} \quad (17)$$

用 $W^*(t)$ 代替(15),(16)式中的最优预测 $\varphi^*(t)$,得自校正解耦控制算法

$$\hat{\theta}_i(t) = \hat{\theta}_i(t - k_i) + \frac{\bar{a}_i}{r_i(t - k_i)} x_i(t - k_i) [\varphi_i(t) - x_i(t - k_i)^T \hat{\theta}_i(t - k_i)], \quad (18)$$

$$\bar{a}_i > 0,$$

$$r_i(t - k_i) = r_i(t - k_i - 1) + x_i(t - k_i)^T x_i(t - k_i), \quad (19)$$

$$x_i(t)^T \hat{\theta}_i(t) = W_i^*(t + k_i), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (20)$$

其中

$$\begin{aligned} x_i(t)^T = & [y_i(t), y_i(t - 1), \dots, u_i(t), u_i(t - 1), \dots, (\bar{u}_i(t))^T, (\bar{u}_i(t - 1))^T, \dots, \\ & (y(t)u(t))^T, (y(t - 1)u(t - 1))^T, \dots, -W^*(t + k_i - 1), \\ & -W^*(t + k_i - 2), \dots], \end{aligned}$$

$$\bar{u}_i(t - j)^T = [u_1(t - j), \dots, u_{i-1}(t - j), u_{i+1}(t - j), \dots, u_n(t - j)],$$

θ_i 是(15)式中相应的控制器参数向量, $W^*(t)$ 由(17)式得到.

由(16),(17),(20)式(或(6)式)知, $u(t)$ 可解的充要条件是 $[\hat{H}(0) + \hat{Q}(0) + \hat{R}_s(0)]$

$y(t)$]非奇异,其中 $\hat{H}(0) = \hat{H}_D(0) + \hat{H}_{VL}(0)$, $\hat{R}_s(0) = \hat{R}(0) + \hat{S}(0)$. 当 $[\hat{H}(0) + \hat{Q}(0) + \hat{R}_s(0)y(t)]$ 奇异时,为了保证 $u(t)$ 的可解性,可采用如下方法:一是在 $\hat{Q}(0)$ 中加上辅助非零矩阵 Q_0 ,所选的 Q_0 使得 $[\hat{H}(0) + \hat{Q}(0) + Q_0 + \hat{R}_s(0)y(t)]$ 非奇异;二是在输出 $y(t)$ 中加入非零有界信号 $y_0(t)$,使得 $[\hat{H}(0) + \hat{Q}(0) + \hat{R}_s(0)(y(t) + y_0(t))]$ 非奇异.

4 收敛性分析

假设 A. 1) $A(q^{-1}), B(q^{-1}), C(q^{-1})$ 和 $E(q^{-1})$ 中 q^{-1} 的多项式的阶的上界已知,时延阵 $D(q^{-1})$ 已知;

2) $\det C(q^{-1}) \neq 0$ 和 $\det E(q^{-1}) \neq 0, |q| \geq 1; B(0)$ 非奇异.

3) $P(q^{-1})$ 和 $Q(q^{-1})$ 是稳定的.

引理2. 如果假设 A 成立,且 $[C(q^{-1}) - \bar{A}_i/2]$ 严格正实, $\bar{A}_i = \text{diag}[\bar{a}_i]$,则控制算法(11)—(14), (17)—(20)有下列性质:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N}{r_i(N)} \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N Z_i(t) = 0, \quad \text{a. s.}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (21)$$

其中 $Z_i(t - K_i) = \eta_i(t) - V_i(t), \quad (22)$

$$D(q)\eta(t) = P(q^{-1})D(q)y(t) - \bar{R}(q^{-1})y^*(t) + S(q^{-1})y(t)u(t) + Q(q^{-1})u(t). \quad (23)$$

证明. 用文献[6]中的方法可证,详细证明从略.

假设 B^[3,5]. 如果 $u(t)$ 是无界的,则假设

$$\sum_{t=0}^N \|P(q^{-1})D(q)y(t)\|^2 \leq \bar{K}_1 [N + \sum_{t=0}^N \|D(q)\eta(t)\|^2] + \epsilon \sum_{t=0}^N \|u(t)\|^2, \quad (24)$$

其中 $0 < \bar{K}_1 < \infty, \epsilon \in [0, \frac{1}{4}\bar{K}_0], \bar{K}_0$ 在(30)式中定义.

定理3. 如果假定 A, B 成立,且若 $S(q^{-1}) = 0$,则

$$1) \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \|u(t)\|^2 \leq \frac{\bar{K}_2}{N} \sum_{t=1}^N \|D(q)\eta(t)\|^2 + \bar{K}_2, \quad (25)$$

$$2) \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \|y(t)\|^2 \leq \frac{\bar{K}_3}{N} \sum_{t=1}^N \|D(q)\eta(t)\|^2 + \bar{K}_3, \quad (26)$$

$$3) \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \|y(t)u(t)\|^2 \leq \frac{\bar{K}_4}{N} \sum_{t=1}^N \|D(q)\eta(t)\|^2 + \bar{K}_4, \quad (27)$$

其中 $0 < \bar{K}_i < \infty, i = 2, 3, 4.$

证明. 用 $A(q^{-1})$ 乘以(23)式且由(1)式可得

$$A(q^{-1})D(q)\eta(t) = [P(q^{-1})B(q^{-1}) + A(q^{-1})Q(q^{-1})]u(t) + P(q^{-1})E(q^{-1})y(t)u(t) - A(q^{-1})\bar{R}(q^{-1})y^*(t) + P(q^{-1})C(q^{-1})D(q)\xi(t), \quad (28)$$

因为 $P(q^{-1}), E(q^{-1})$ 稳定, $y^*(t)$ 和 $\xi(t)$ 有界,显然有

$$\sum_{t=0}^N \|y(t)u(t)\|^2 \leq \bar{K}_{11} \sum_{t=0}^N \|D(q)\eta(t)\|^2 + \bar{K}_{11} \sum_{t=0}^N \|u(t)\|^2 + \bar{K}_{11}N, \quad (29)$$

$$0 < \bar{K}_{11} < \infty.$$

由(23)式,假设 B 和 $Q(q^{-1})$ 的稳定性有

$$\begin{aligned} \bar{K}_0 \sum_{t=0}^N \|\mathbf{u}(t)\|^2 &\leq 2 \sum_{t=0}^N \|P(q^{-1})D(q)\mathbf{y}(t)\|^2 + 2 \sum_{t=0}^N \|D(q)\boldsymbol{\eta}(t) + \bar{R}(q^{-1})\mathbf{y}^*(t)\|^2 \\ &\leq 2[2 + \bar{K}_1] \sum_{t=0}^N \|D(q)\boldsymbol{\eta}(t)\|^2 + 2\epsilon \sum_{t=0}^N \|\mathbf{u}(t)\|^2 + 2\bar{K}_1 N + \bar{K}_{12}. \end{aligned} \quad (30)$$

注意到 $\epsilon \in [0, \frac{1}{4}\bar{K}_0]$, 对(30)式存在常数 \bar{K}_{13} 使得

$$\frac{1}{N} \sum_{t=0}^N \|\mathbf{u}(t)\|^2 \leq \frac{\bar{K}_{13}}{N} \sum_{t=0}^N \|D(q)\boldsymbol{\eta}(t)\|^2 + \bar{K}_{13}, \quad (31)$$

即(25)式得证, 由(29), (31)式知(27)式成立, 而(26)式可由(31), (23)式得到.

注. 如果 $\mathbf{u}(t)$ 是有界的, 则不需要假设 B , 这时(31)式自然成立, 因而可用(29)式得到(27)式, 由(31), (23)式推导出(26)式.

定理2. 在引理2和引理3的条件下, 若自校正控制算法用于系统(1), 则以概率1有

$$1) \limsup_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N [\|\mathbf{y}(t)\|^2 + \|\mathbf{u}(t)\|^2 + \|\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t)\|^2] < \infty, \quad (32)$$

$$2) \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N E\{\|P(q^{-1})D(q)\mathbf{y}(t) - \bar{R}(q^{-1})\mathbf{y}^*(t) + Q(q^{-1})\mathbf{u}(t)\|^2 / F_t\} = \Gamma^2, \quad (33)$$

其中 $\Gamma^2 = E\{\|D(q)\mathbf{V}(t)\|^2 / F_t\}$.

证明. 用文献[6]的方法可证, 详细推导从略.

5 仿真

仿真所用的双线性系统为

$$A(q^{-1})\mathbf{y}(t) = D(q^{-1})B(q^{-1})\mathbf{u}(t) + D(q^{-1})E(q^{-1})\mathbf{y}(t)\mathbf{u}(t) + \mathbf{w}(t).$$

其中

$$A(q^{-1}) = \begin{bmatrix} 1 - 0.6q^{-1} + 0.08q^{-2} & 0 \\ 0 & 1 - 0.4q^{-1} - 0.12q^{-2} \end{bmatrix},$$

$$B(q^{-1}) = \begin{bmatrix} 0.6 + 0.4q^{-1} & 0.2 + 0.15q^{-1} \\ 0.07 + 0.15q^{-1} & 0.25 + 0.74q^{-1} \end{bmatrix},$$

$$E(q^{-1}) = \begin{bmatrix} 0.2 + 0.12q^{-1} & 0.09 + 0.03q^{-1} \\ 0.06 + 0.02q^{-1} & 0.3 + 0.1q^{-1} \end{bmatrix},$$

$D(q^{-1}) = q^{-1}I$, I 是单位阵. $\mathbf{w}(t) = [w_1(t), w_2(t)]^T$ 是零均值、方差阵为 $0.3I$ 的随机干扰.

由自校正解耦控制算法, 取 $P(q^{-1}) = R(q^{-1}) = I$, $Q_D(q^{-1}) = \lambda(1 - q^{-1})I$, 而

$$Q_{UL}(q^{-1}) = \lambda(1 - q^{-1}) \begin{bmatrix} 0 & q_1 \\ q_2 & 0 \end{bmatrix}, S(q^{-1}) = \lambda(1 - q^{-1}) \begin{bmatrix} S_1 & S_2 \\ S_3 & S_4 \end{bmatrix}.$$

其中 $Q_{UL}(q^{-1})$ 和 $S(q^{-1})$ 阵由(11), (12)式通过最小二乘法在线求得.

仿真中, 取 $\lambda = 0.5$, $y_2^*(t) = 10$, 而

$$y_1^*(t) = \begin{cases} 15, & \text{当 } 100 \leq t \leq 200, \\ 10, & \text{其余情况.} \end{cases}$$

图1和图2给出了用本文算法时系统的响应曲线和随机干扰曲线. 可以看出, 本文算法

基本消除了系统耦合的影响,具有良好的动态和静态性能.

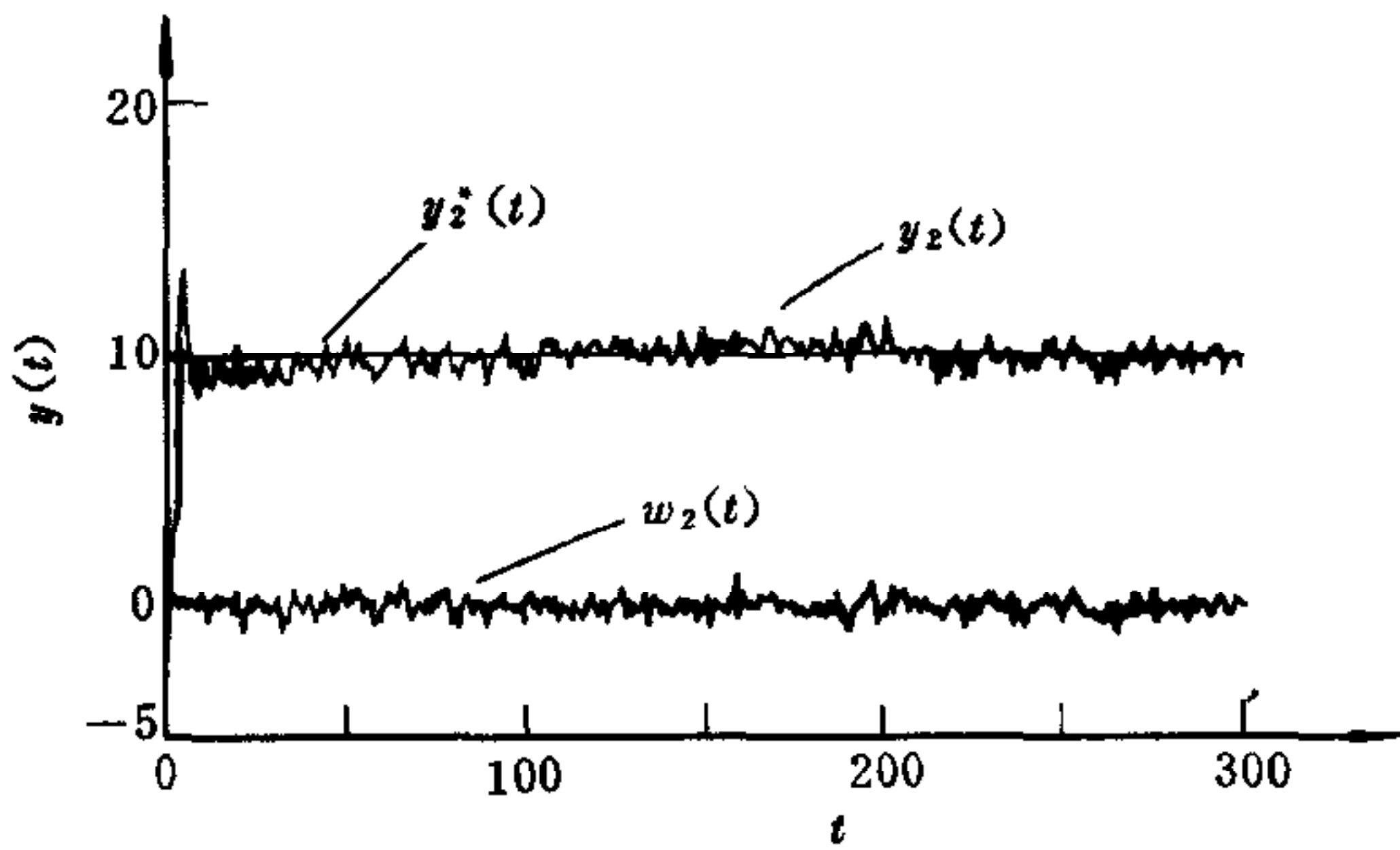


图1 系统响应和扰动曲线

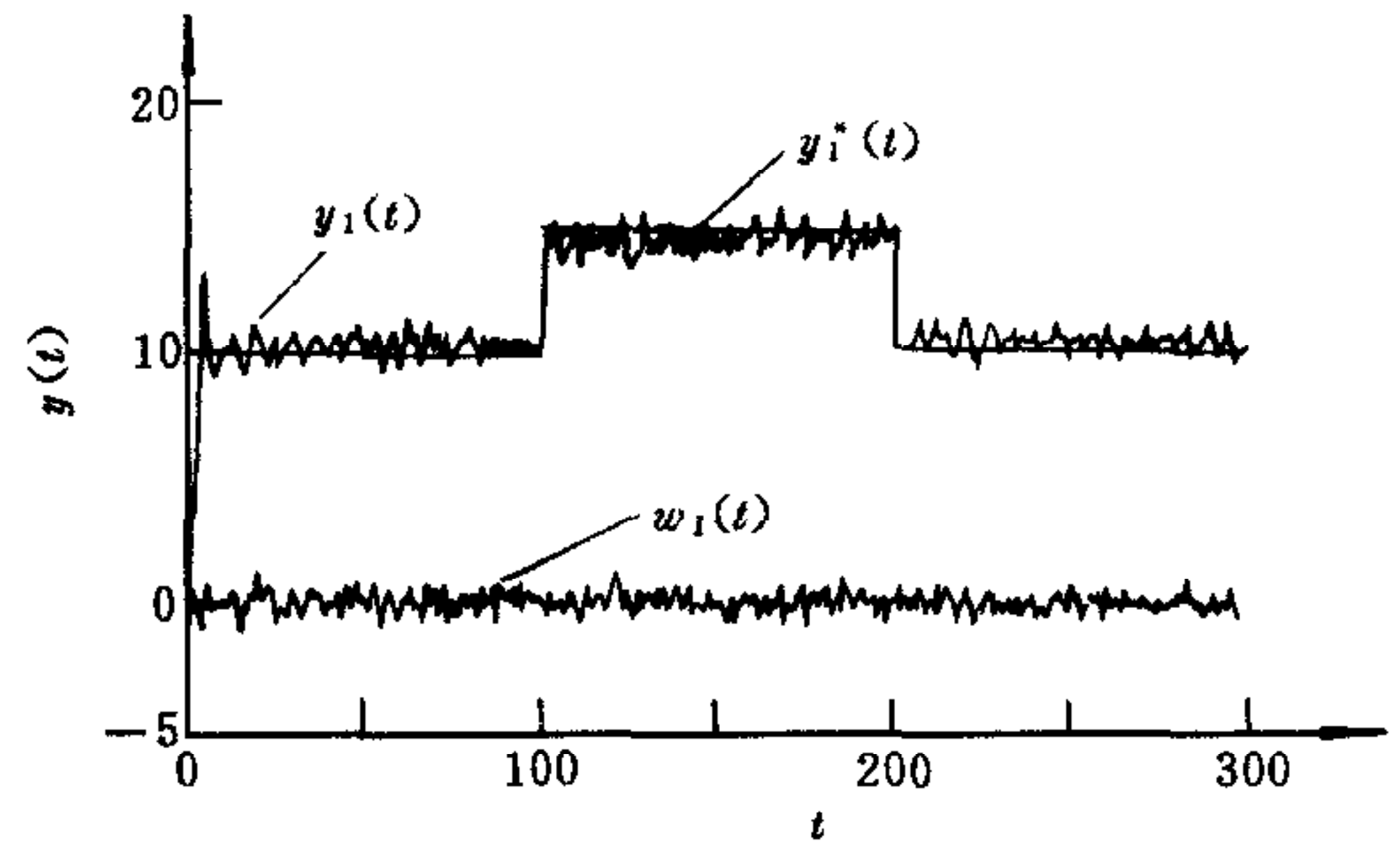


图2 系统响应和扰动曲线

参 考 文 献

- [1] Sroronos S, Stephanopoulos G, Aris R. On bilinear estimation and control, *Int. J. Control*, 1981, **34**: 651—684.
- [2] Cho H, Marcus S I. On adaptive control of stochastic bilinear systems, *IEEE Trans. AC*, 1987, **32**: 1103—1106.
- [3] Yeo Y K, Williams D C. Adaptive bilinear model predictive control. In: Prof. of the American Control Conference, 1986, **2**: 1455—1461.
- [4] 孙西, 金以慧, 方崇智, 张纪峰. 双线性系统的自校正控制. *自动化学报*, 1993, **19**(3): 279—289.
- [5] Sun X, Zhang J F. Adaptive stabilization of bilinear systems. *IEEE Trans. AC*, 1994, **39**: 207—211.
- [6] Goodwin G C, et al. Discrete time stochastic adaptive control. *SIAM J. Control and Optim.*, 1981, **19**: 829—853.
- [7] 柴天佑. 多变量间接自适应解耦控制算法. *自动化学报*, 1991, **17**(2): 182—190.
- [8] Mcdermott P E, Mellichamp D A, A decoupling pole placement self-tuning controller for a class of multivariable process. *Optim. Control. Appl. and Meth.*, 1986, **7**: 55—79.

MULTIVARIABLE DECOUPLING SELF-TUNING CONTROL FOR MIMO BILINEAR SYSTEMS

SUN XI

(Dept. of Automation sichuan union university, chengdu 610065)

JIN YIHUI FANG CHONGZHI

(Dept. of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract In this paper, a multivariable self-tuning decoupling controller for a MIMO bilinear systems is presented. The global convergence of the controller is established. Simulation results show the effectiveness of the controller.

Key words MIMO bilinear systems, self-tuning decoupling control, global convergence.

孙 西 1961年生. 1983年、1986年在东南大学分别获得学士、硕士学位, 1992年在清华大学获博士学位. 现为四川联合大学教授. 在国内外学术刊物及会议发表论文30多篇. 目前主要研究方向是非线性系统的自适应控制理论及其应用、工业过程控制.

金以慧 1959年毕业于清华大学动力机械系,1963年清华大学热工量测及自动化专业研究生毕业.现为清华大学教授.在国内外发表论文60多篇,主编《过程控制》.主要研究方向是高等过程控制,工业系统模型化和计算机集成过程系统.

智能化丛书的第二本 《开放的复杂巨系统》问世

1996年12月8日,为庆祝我国著名科学家钱学森先生85寿辰,在北京召开了“钱学森系统科学与系统工程学术思想讨论会”.在召开此次讨论会的前夕,有幸看到了由浙江科学技术出版社于1996年12月刚出版的《开放的复杂巨系统》一书.该书由王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏和涂元季六位学者合著而成.该书共分六章,约22万字.内容包括:信息网络建设和第五次产业革命,开放的复杂巨系统及其方法论,人-机结合的智能系统,信息工程中的复杂巨系统问题探索,地理系统和社会系统,国防系统分析的综合集成.书后附有从1988年7月4日以来,截止1996年3月3日,钱学森先生采用书信方式与其同道们探讨学术问题、指导研究工作的书信共40封,信中反映了钱学森先生许多开创性的学术观点和学术思想,可以说是很难见到的珍品,很值得一读.

开放的复杂巨系统是钱学森先生于80年代提出的,是对自然界、人类社会以及人自身普遍存在的复杂事物的科学概括,是集基础研究、高新技术与实际应用于一体的综合性研究的一个科学新领域.研究开放复杂巨系统的方法论,是钱学森先生提出的“从定性到定量综合集成法”以及“从定性到定量综合集成研讨厅体系”.

自80年代以来,钱学森先生在大力推动系统工程应用的同时,又明确提出建立系统学的任务.系统学是系统科学中的基础理论.80年代中期钱学森先生亲自指导了“系统学讨论班”的学术活动,强调学术民主、畅所欲言、实事求是,钱学森先生几年前曾参加讨论班的每次学术活动,每次都作启发性和质疑性发言,发表了很多重要学术思想,提炼了许多重要概念,总结和提出了系统研究方法,逐步形成了以简单系统、简单巨系统、复杂巨系统(包括社会系统)为主线的系统学提纲和内容,明确系统学是研究系统结构与功能(包括演化、协同与控制)一般规律的科学.最近问世的《开放的复杂巨系统》一书的6位作者大都参与了这种讨论,可以说该书的内容就是这种讨论的结果.

时至今日,85岁高龄的钱学森先生每天仍阅读大量有关文献,密切关注科技最前沿的动向,孜孜不倦地学习、工作和研究,不断提出新的思想和观点.

钱学森先生的这种科学探索精神,对于我们每个人都是一种激励和鞭策.中国自动化学会及全国的自动化界同仁们,时刻在怀念着中国自动化学会的第一、二届“前”理事长,祝愿他健康长寿!

在此,转载钱学森先生于1996年1月14日给6位作者的一封信,以飨读者.

凌惟侯

下转237页