УДК 681.518.2:621.391(045)

Л.М. Блохін, д-р техн. наук
Ю.М. Безкоровайний
В.Г. Вовк

АЛГОРИТМ СТРУКТУРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІКИ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ’ЄКТА

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: fsu@nau.edu.ua

Розглянуто новий алгоритм структурної ідентифікації моделей динаміки багатовимірного об’єкта стабілізації в штатних режимах його функціонування. За допомогою запропонованого алгоритму можна визначати “збурені” моделі динаміки самого об’єкта і динамічні характеристики контрольованих і неконтрольованих випадкових збурень на об'єкт при врахуванні некорельованості зазначених збурень між собою і неконтрольованим збурюванням з управляючим впливом.

Вступ

У зв’язку з усе зростаючими вимогами до точності процесу стабілізації складних динамічних об’єктів (рухливий траєкторний засіб, наприклад, вертоліт з вантажною підвіскою на заданій траєкторії руху, технологічний процес виготовлення деяких виробів тощо) виникає нагальна потреба синтезу ефективного або оптимального управління цих об’єктів.

Вихідною інформацією для синтезу системи стабілізації необхідна математична модель стабілізуючого об’єкта в заданому режимі функціонування. Розрізняють розрахункові (нормативні) і збурені режими роботи динамічної системи.

Нормативних режимів в чистому вигляді у природі не існує, бо це є лише первинна уява дослідника про можливості системи при її функціонуванні.

У реальних режимах роботи на динамічну систему постійно впливає ціла низка збурюючих динамічних факторів, які відхиляють параметри системи від нормативних. Ці збурюючі фактори, як правило, мають стохастичний характер та апріорна уява про їх статистичні характеристики та природу зазвичай неповні або навіть зовсім відсутні. Оцінити їх властивості можна на етапі структурної ідентифікації “збурених” моделей динаміки як самого об’єкта, так і діючих на нього збурень у штатних режимах його функціонування, який виконується за результатами натурних випробувань, або випробуваннях за умов, наближених до них. Саме “збурені” моделі необхідні для подальшого синтезу ефективного або оптимального управління вказаними об’єктами.

Відомі аналогічні алгоритми структурної ідентифікації моделей об’єкта при неконтрольованому збуренні, що ефективно зарекомендував себе при ідентифікації престижної аерокосмічної техніки [1–3].

Проте цей алгоритм не може бути використаний при наявності досить впливових контрольованих збурень, що діють на досліджуваний об’єкт у процесі його функціонування.

Прикладом такого об’єкта може бути вертоліт з зовнішнім вантажним підвісом у режимі зависання (рис. 1).

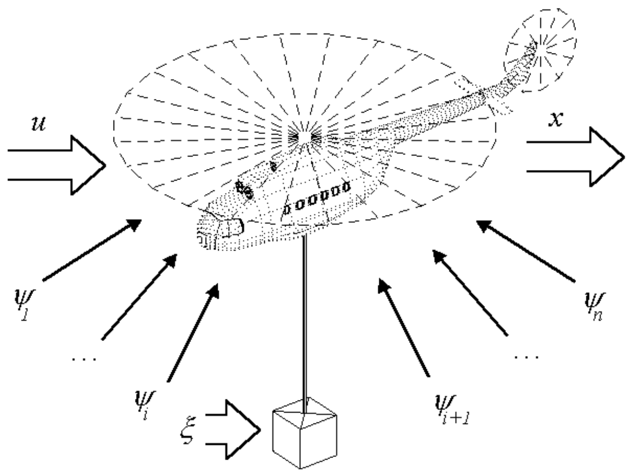

Рис. 1. Вертоліт з вантажною підвіскою в режимі зависання та фактори, що діють на нього в цьому режимі

На вертоліт в цьому режимі діють контрольовані керуючі впливи u (викликані діями пілота, або системами автоматичного управління), випадкові контрольовані збурюючі фактори ξ (наприклад, різні відхилення вантажу на зовнішній підвісці) та неконтрольовані збурюючі фактори ψ (наприклад, фактори нестабільності атмосфери, турбулентні пориви вітру тощо). Можна припустити, що неконтрольовані збурюючі фактори некорельовані з керуючими впливами та контрольованими збуреннями, принаймні це припущення може бути прийнятним для більшості систем. Як первинна польотна інформація, необхідна для подальшого етапу запланованих досліджень – структурної ідентифікації збурених моделей динаміки самого об'єкта стабілізації (вертольоту) та діючих на нього неконтрольованих збурень, як правило, розглядаються всі компоненти вектора управляючих впливів u, всі компоненти вектора контрольованих збурень ξ та вектора, визначаючого вихідний стан об'єкта x. Загальна кількість осцилограм, фіксуючих зміни в часі випадкових компонент вказаних векторів, може досягати декількох десятків. Після стадії первинної обробки польотної інформації про вектори u, ξ і x визначаються матриці їх спектральних і взаємних спектральних щільностей $\mathbf{S}_{xx}$, $\mathbf{S}_{uu}$, $\mathbf{S}_{\xi\xi}$, $\mathbf{S}_{xu}$, $\mathbf{S}_{ux}$, $\mathbf{S}_{u\xi}$, $\mathbf{S}_{\xi u}$, $\mathbf{S}_{x\xi}$ і $\mathbf{S}_{\xi x}$. Саме ці матриці є основою вихідної інформації для етапу структурної ідентифікації.

Постановка задачі

Нехай на стабілізуючий складний об'єкт у режимі штатного функціонування одночасно діють вектори випадкових керуючих впливів u, випадкових контрольованих ξ і випадкових неконтрольованих ψ збурень (рис. 2).

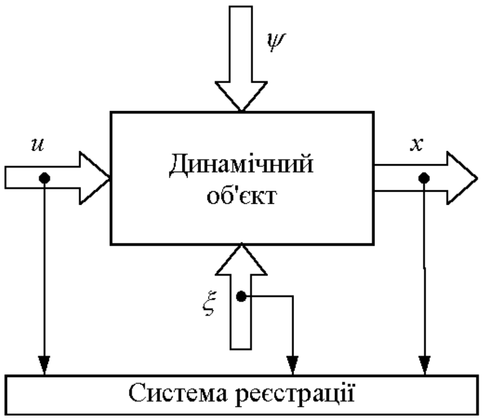

Рис. 2. Схема реєстрації впливів на об'єкт

Реєстрації доступні вектори u, ξ і x. Нехай вектор вихідних реакцій об'єкта x, як і вектори вхідних впливів u, ξ і ψ являють собою випадкові стаціонарні центровані процеси з відомими матрицями спектральних і взаємних спектральних щільностей сигналів, доступних виміру і контролю: $\mathbf{S}_{xx}$, $\mathbf{S}_{uu}$, $\mathbf{S}_{\xi\xi}$, $\mathbf{S}_{xu}$, $\mathbf{S}_{ux}$, $\mathbf{S}_{u\xi}$, $\mathbf{S}_{\xi u}$, $\mathbf{S}_{x\xi}$ і $\mathbf{S}_{\xi x}$.

Припустимо, що рух об'єкта стабілізації можна описати системою звичайних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами, перетвореної за Лапласом, вигляду

$$\mathbf{P}x = \mathbf{M}u + \Xi\xi + \psi \,, \qquad (1)$$

де $\mathbf{P}$, $\mathbf{M}$ і Ξ – шукані матриці відповідних розмірностей, елементами яких є функції аргументу Лапласа $p = \sigma + j\omega$; x – n-вимірний вектор вихідних реакцій; u – m-вимірний вектор управління; ξ – l-вимірний вектор контрольованих збурень; ψ - n-вимірний вектор неконтрольованих збурень.

Вектор ψ можна записати як

$$\psi = \mathbf{\Psi}\Delta \,, \qquad (2)$$

де $\mathbf{\Psi}$ — невідома матриця передавальних функцій формуючого фільтра, яка з вектора "білих" шумів Δ, що має розмірність n, створює збурення ψ.

З огляду на умову (2), рівняння (1) запишемо як

$$x = \mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}u + \mathbf{P}^{-1}\Xi\xi + \mathbf{P}^{-1}\mathbf{\Psi}\Delta \,. \qquad (3)$$

За результатами ідентифікації потрібно визначити структури і параметри передатних функцій $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}$ від управління u до виходу x, матриці передавальних функцій $\mathbf{P}^{-1}\Xi$ від збурення ξ до виходу x і матриці передавальних функцій $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{\Psi}$ від збурення Δ до виходу x.

Структурна схема, що пояснює поставлену задачу, зображено на рис. 3

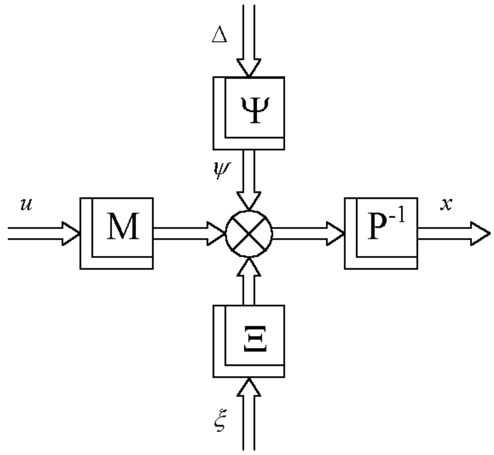

Рис. 3. Структурна схема динамічного об'єкта

Окремий випадок розв'язання задачі

Припустимо, що контрольоване збурення ξ некорельоване із збуренням Δ, а останнє некорельоване з управляючим сигналом u, тобто $\mathbf{S}_{\Delta\xi} = \mathbf{S}_{\xi\Delta} = 0$ і $\mathbf{S}_{u\Delta} = \mathbf{S}_{\Delta u} = 0$. Крім того, вважаємо, що сигнали u, ξ і x вимірюються без завад.

З використанням теореми Вінера-Хінчина [1], рівняння (3) та з врахуванням зроблених припущень, складемо транспоновану матрицю спектральних щільностей $\mathbf{S}'_{xx}$ як

$$\mathbf{S}'_{xx}=\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}\mathbf{S}'_{uu}\mathbf{M}_*\mathbf{P}_*^{-1}+\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}\mathbf{S}'_{\xi u}\boldsymbol{\Xi}_*\mathbf{P}_*^{-1}+$$
$$+\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi}\mathbf{S}'_{u\xi}\mathbf{M}_*\mathbf{P}_*^{-1}+\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi}\mathbf{S}'_{\xi\xi}\boldsymbol{\Xi}_*\mathbf{P}_*^{-1}+$$
$$+\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{S}'_{\Delta\Delta}\boldsymbol{\Psi}_*\mathbf{P}_*^{-1},$$

де «*» — символ ермітова сполучення.

Потому, використовуючи теорему Вінера-Хінчина, складемо транспоновані матриці взаємних спектральних щільностей:

$$\begin{cases}\mathbf{S}'_{\xi x}=\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}\mathbf{S}'_{\xi u}+\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi}\mathbf{S}'_{\xi\xi},\\ \mathbf{S}'_{x\xi}=\mathbf{S}'_{u\xi}\mathbf{M}_*\mathbf{P}_*^{-1}+\mathbf{S}'_{\xi\xi}\boldsymbol{\Xi}_*\mathbf{P}_*^{-1};\end{cases}\tag{4}$$

$$\begin{cases}\mathbf{S}'_{ux}=\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}\mathbf{S}'_{uu}+\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi}\mathbf{S}'_{u\xi},\\ \mathbf{S}'_{xu}=\mathbf{S}'_{uu}\mathbf{M}_*\mathbf{P}_*^{-1}+\mathbf{S}'_{\xi u}\boldsymbol{\Xi}_*\mathbf{P}_*^{-1};\end{cases}\tag{5}$$

$$\begin{cases}\mathbf{S}'_{\Delta x}=\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{S}'_{\Delta\Delta},\\ \mathbf{S}'_{x\Delta}=\mathbf{S}'_{\Delta\Delta}\boldsymbol{\Psi}_*\mathbf{P}_*^{-1}.\end{cases}\tag{6}$$

Після деяких перетворень систем рівнянь (4), (5), (6) можна одержати вирази шуканих передавальних функцій через відомі матриці спектральних і взаємних спектральних щільностей, а також через матриці $\mathbf{S}'_{\Delta\Delta}$, $\mathbf{S}'_{\Delta x}$ і $\mathbf{S}'_{x\Delta}$. Зазначені матриці передавальних функцій мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}&=\left[\mathbf{S}'_{ux}-\mathbf{S}'_{\xi x}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]\times\\ &\times\left[\mathbf{S}'_{uu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]^{-1},\\ \mathbf{M}_*\mathbf{P}_*^{-1}&=\left[\mathbf{S}'_{uu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]^{-1}\times\\ &\times\left[\mathbf{S}'_{xu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{x\xi}\right];\end{aligned}\tag{7}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi}&=\left[\mathbf{S}'_{\xi u}-\mathbf{S}'_{ux}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]\times\\ &\times\left[\mathbf{S}'_{\xi\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]^{-1},\\ \boldsymbol{\Xi}_*\mathbf{P}_*^{-1}&=\left[\mathbf{S}'_{\xi\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]^{-1}\times\\ &\times\left[\mathbf{S}'_{u\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{xu}\right];\end{aligned}\tag{8}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Psi}&=\mathbf{S}'_{\Delta x}\left(\mathbf{S}'_{\Delta\Delta}\right)^{-1}=\mathbf{S}'_{\Delta x},\\ \boldsymbol{\Psi}_*\mathbf{P}_*^{-1}&=\mathbf{S}'_{x\Delta},\\ \mathbf{S}'_{\Delta\Delta}&=\mathbf{E}_n.\end{aligned}\tag{9}$$

Вирази (7), (8) цілком визначають матриці $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M}$ і $\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi}$ через відому інформацію. У виразах (10) матриці взаємних спектральних щільностей $\mathbf{S}'_{\Delta x}$ і $\mathbf{S}'_{x\Delta}$ невідомі. Для отримання останніх підставимо вирази (7), (8), (9) у рівняння (5), розв'язавши останнє рівняння щодо невідомого доданка

$$\begin{aligned}&\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{S}'_{\Delta\Delta}\boldsymbol{\Psi}_*\mathbf{P}_*^{-1}=\mathbf{S}'_{\Delta x}\cdot\mathbf{S}'_{x\Delta}=S'_{xx}-\\ &-\left[\mathbf{S}'_{ux}-\mathbf{S}'_{\xi x}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]\left[\mathbf{S}'_{uu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]^{-1}\times\\ &\times\mathbf{S}'_{uu}\left[\mathbf{S}'_{uu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]^{-1}\left[\mathbf{S}'_{xu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{x\xi}\right]-\\ &-\left[\mathbf{S}'_{ux}-\mathbf{S}'_{\xi x}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]\left[\mathbf{S}'_{uu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]^{-1}\times\\ &\times\mathbf{S}'_{\xi u}\left[\mathbf{S}'_{\xi\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]^{-1}\left[\mathbf{S}'_{u\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{xu}\right]-\\ &-\left[\mathbf{S}'_{\xi u}-\mathbf{S}'_{ux}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]\left[\mathbf{S}'_{\xi\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]^{-1}\times\\ &\times\mathbf{S}'_{u\xi}\left[\mathbf{S}'_{uu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{\xi\xi}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{u\xi}\right]^{-1}\left[\mathbf{S}'_{xu}-\mathbf{S}'_{\xi u}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{x\xi}\right]-\\ &-\left[\mathbf{S}'_{\xi u}-\mathbf{S}'_{ux}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]\left[\mathbf{S}'_{\xi\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]^{-1}\times\\ &\times\mathbf{S}'_{\xi\xi}\left[\mathbf{S}'_{\xi\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{\xi u}\right]^{-1}\left[\mathbf{S}'_{u\xi}-\mathbf{S}'_{u\xi}\left(\mathbf{S}'_{uu}\right)^{-1}\mathbf{S}'_{xu}\right].\end{aligned}\tag{10}$$

Підставивши у вираз (10) всю необхідну інформацію і виконавши операцію факторизації результату (за Вінером), відразу ж одержимо матрицю передатних функцій $\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Psi}$, іншими словами, шукану матрицю передатних функцій $\boldsymbol{\Psi}$ формуючого фільтра, а також матриці взаємних спектральних щільностей $\mathbf{S}'_{\Delta x}$ і $\mathbf{S}'_{x\Delta}$.

За допомогою виразів (7), (8), (10) вирішена поставлена задача ідентифікації об'єкта в окремому випадку.

Загальний випадок постановки і розв'язання задачі

При зроблених допущеннях за аналогією з відомим [1] методом ідентифікації запропонуємо оновлені постановку й алгоритм розв'язання задачі ідентифікації при реальних (з перешкодами) вимірах сигналів u, ξ і x.

Введемо позначення

$$\mathbf{F}=\left(\mathbf{P}^{-1}\mathbf{M},\,\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Xi},\,\mathbf{P}^{-1}\boldsymbol{\Psi}\right),\quad y'=\left(u,\,\xi,\,\Delta\right).\tag{11}$$

Тоді з урахуванням позначень (11) рівняння (3) перепишемо як

$$\mathbf{F}\cdot y=x.\tag{12}$$

Якщо всі компоненти векторів y і x виміряні точно, то рівняння (12) тотожне оскільки виміри і реєстрація зазначених векторів неідеальні, то рівняння (12) слід переписати у вигляді

$$\varepsilon=\mathbf{F}\cdot\hat{y}-\hat{x},\tag{13}$$

де вектор ε - помилка ідентифікації, транспонована матриця спектральних щільностей, що за допомогою теореми Вінера-Хінчина можна записати як

$$\mathbf{S}'_{\varepsilon\varepsilon}=\mathbf{F}\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}\mathbf{F}_*-\mathbf{F}\mathbf{S}'_{\hat{x}\hat{y}}-\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{x}}\mathbf{F}_*+\mathbf{S}'_{\hat{x}\hat{x}}.\tag{14}$$

За критерій якості процесу ідентифікації визначимо функціонал вигляду

$$e=\frac{1}{j}\int_{-j\infty}^{j\infty}\mathrm{tr}\left(\mathbf{S}'_{rr}\mathbf{R}\right)ds\ ,$$

який, з огляду на вирази (13), (14), можна переписати в такому вигляді

$$e=\frac{1}{j}\int_{-j\infty}^{j\infty}\mathrm{tr}\left[\left(\mathbf{F}\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}\mathbf{F}_*-\mathbf{F}\mathbf{S}'_{\hat{x}\hat{y}}-\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{x}}\mathbf{F}_*+\mathbf{S}'_{\hat{x}\hat{x}}\right)\mathbf{R}\right]ds\ , \quad (15)$$

де R – позитивно визначена симетрична вагова матриця, елементами якої є числа або поліноми аргументу $s=j\omega$, tr – слід матриці.

Завдання полягає в тому, щоб на класі дробово-раціональних фізично реалізованих функцій $\mathbf{F}$ вибрати таку, котра досягає мінімуму функціонала (15).

Задача мінімізації функціонала вирішується методом Вінера-Колмагорова. Для виконання процедури мінімізації необхідно скласти першу варіацію функціонала і відповідним вибором функції $\mathbf{F}$ забезпечити її тотожну рівність нулю.

Перша варіація функціонала (15) має вигляд

$$\delta e=\frac{1}{j}\int_{-j\infty}^{j\infty}\mathrm{tr}\left[\left(\mathbf{R}\mathbf{F}\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}-\mathbf{R}\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{x}}\right)\delta\mathbf{F}_*+\right.$$
$$\left.+\delta\mathbf{F}\left(\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}\mathbf{F}_*\mathbf{R}-\mathbf{S}'_{\hat{x}\hat{y}}\mathbf{R}\right)\right]ds\ ,$$

де

$$\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}=\begin{bmatrix}\mathbf{S}'_{uu} & \mathbf{S}'_{\xi u} & \mathbf{S}'_{\Delta u}\\ \mathbf{S}'_{u\xi} & \mathbf{S}'_{\xi\xi} & \mathbf{S}'_{\Delta\xi}\\ \mathbf{S}'_{u\Delta} & \mathbf{S}'_{\xi\Delta} & \mathbf{S}'_{\Delta\Delta}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\mathbf{S}'_{uu} & \mathbf{S}'_{\xi u} & 0\\ \mathbf{S}'_{u\xi} & \mathbf{S}'_{\xi\xi} & 0\\ 0 & 0 & \mathbf{S}'_{\Delta\Delta}\end{bmatrix};$$

$$\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{x}}=\left(\mathbf{S}'_{\hat{u}\hat{x}},\mathbf{S}'_{\hat{\xi}\hat{x}},\mathbf{S}'_{\Delta\hat{x}}\right). \quad (16)$$

Слід домовитися, що в рівності (16) останній елемент матриці $\mathbf{S}'_{\Delta x}$ матриці-рядка за результатами ідентифікації не визначений і встановлюється шляхом факторизації виразу (10), отриманого на основі первинної обробки даних експерименту.

Уводячи позначення

$$\mathbf{R}=\mathbf{\Gamma}_*\mathbf{\Gamma};$$
$$\mathbf{D}\mathbf{D}_*=\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}; \quad (17)$$
$$\mathbf{T}=\mathbf{T}_0+\mathbf{T}_++\mathbf{T}_-=\mathbf{\Gamma}\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{x}}\mathbf{D}_*^{-1},$$

запишемо алгоритм для визначення найкращої структури F як

$$\mathbf{F}=\mathbf{\Gamma}^{-1}\left(\mathbf{T}_0+\mathbf{T}_+\right)\mathbf{D}^{-1}\ . \quad (18)$$

У виразах (17), (18) матриці $\mathbf{\Gamma}$, $\mathbf{\Gamma}_*$, $\mathbf{D}$ і $\mathbf{D}_*$ – результати вінеровської факторизації матриць $\mathbf{R}$ і $\mathbf{S}'_{\hat{y}\hat{y}}$, а матриці $\mathbf{T}_0,\mathbf{T}_+$ і $\mathbf{T}_-$ - результати вінеровської сепарації матриці $\mathbf{T}$.

Отже, поставлена задача структурної ідентифікації моделей динаміки складного об’єкта стабілізації вирішена.

Висновок

Запропоновано новий алгоритм структурної ідентифікації необхідних моделей динаміки складного багатовимірного об’єкта, підданого дії контрольованих і неконтрольованих збурень в істотно більш широких експлуатаційних ситуаціях.

Список літератури

1. *Блохин Л.Н.* Оптимальные системы стабилизации. – К.: Техніка, 1982. –123 с.
2. *Блохин Л.М, Буриченко М.Ю.* Статистична динаміка систем управління: Підруч. для ВНЗ.– К.:НАУ, 2003. – 208 с.
3. *Азарсков В.М.* Методология оптимальной модификации управления аэрокосмическими имитаторами полета и тренажерами. – К.:КМУГА, 1996. – 232 с.

Стаття надійшла до редакції 18.03.04.

Л.Н. Блохин, Ю.Н. Безкоровайный, В.Г. Вовк

Алгоритм структурной идентификации моделей динамики многомерного объекта

Рассмотрен новый алгоритм структурной идентификации моделей динамики многомерного объекта стабилизации в штатных режимах его функционирования. С помощью предложенного алгоритма можно определять «возмущенные» модели динамики самого объекта, и динамические характеристики контролируемых и неконтролируемых случайных возмущений на объект при учете некоррелируемости указанных возмущений между собой и неконтролируемым возмущением с управляющим воздействием.

L.N. Blohin, J.N. Bezkorovajnyj, V.G. Vovk

Algorithm of Dynamic Model Structural Identification of the Multivariable Plant

The new algorithm of dynamic model structural identification of the multivariable stabilized plant with observable and unobservable disturbances in the regular operating modes is offered in this paper. With the help of the offered algorithm it is possible to define the “perturbed” models of dynamics not only of the plant, but also the dynamics characteristics of observable and unobservable casual disturbances taking into account the absence of correlation between themselves and control inputs with the unobservable perturbations.