

Висновки

На основі аналізу було проведено моделювання роботи системи, що проектується. Побудовані моделі показують роботу системи з різних точок зору та є основою для розробки інформаційного та програмного забезпечення.

Список літератури

1. Буч Г. UML / Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. – М.: Питер, 2006. – 736 с.
2. Грейді Б. Мова UML. Керівництво користувача / Грейді Б., Рамбо Д., Джекобсон А. – М.: ДМК Пресс, Пітер, 2004. – 432 с.
3. Крег Л. Застосування UML 2.0 і шаблонів проектування / Крег Л. – М.: Вільямс, 2006. – 736 с.
4. Чері С. Логическое программирование и базы данных / Чері С., Готлоб Г., Танке Л. – М.: Мир, 1992. – 274 с.

Осуществлено поетапное моделирование информационно-управляющей системы по грузовым перевозкам. На основе этого были построены диаграммы FDD, последовательности, потоков данных, прецедентов, классов.

Информационное обеспечение, база данных, моделирование, язык UML, диаграмма, информационная система, грузовые перевозки.

Carried out stepwise modeling management information system for freight. On what basis were the diagrams of FDD, the sequence of data streams precedents classes.

Provision of information, database, modeling, language UML, diagram, information system, freight transportation.

УДК 681.5.07

АЛГОРИТМИ ПОБУДОВИ ОБЛАСТЕЙ ДОПУСКІВ ДЛЯ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ

Л.А.Панталієнко, кандидат фізико-математичних наук

Наведено результати чисельного розрахунку областей допусків на параметри для лінійних параметричних систем зі змінною структурою. Розглянуто постановки задач розрахунку допусків, що охоплюються алгоритмами практичної стійкості.

Допуски на параметри, стійкість, критерії оцінки, системи зі змінною структурою.

При проектуванні структурно-заданих систем керування часто виникає необхідність оцінити область допусків на параметри, що забезпечували б функціонування реального динамічного об'єкта [1 – 3]. Зокрема як

параметри можна розглядати початкові умови або ж інші величини, що характеризують особливості досліджуваної системи. Так, для систем зі змінною структурою [4] як параметри розглядають точки перемкнення – це моменти часу, що визначають зміну одного рівняння іншим. У рамках цього напрямку пропонується побудову областей допусків для лінійних систем здійснювати за допомогою алгоритмів практичної стійкості [2].

Мета досліджень – розробка конструктивних алгоритмів побудови областей допусків на параметри для лінійних систем зі змінною структурою методами практичної стійкості.

Матеріали і методика досліджень. У роботі застосовуються математичні методи аналізу практичної стійкості та чутливості, що ґрунтуються на методі функцій Ляпунова. На відміну від класичних постановок, дослідження стійкості здійснюється на скінченному проміжку часу, а динамічні обмеження на розкид станів параметричної системи конкретизуються.

Розглянемо лінійну систему зі змінною структурою:

$$\frac{dx}{dt} = A^{(i)}(t)x + G^{(i)}(t)\alpha, \quad t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де $A^{(i)}(t)$, $G^{(i)}(t)$, $t \in [t_{i-1}, t_i]$, $i = 1, 2, \dots, N$ – матриці з інтегровними елементами вимірності $n \times n$ та $n \times m$ відповідно, а початкові умови є фіксованими: $x(t_0) = x_0$.

Нехай $\bar{\alpha}$, $\bar{x} = x(t, \bar{\alpha})$ – розрахункові значення вектора параметрів і траєкторії системи (1). Тоді для векторів розкиду $y = x - \bar{x}$, $\beta = \alpha - \bar{\alpha}$, одержимо систему:

$$\frac{dy}{dt} = A^{(i)}(t)y + G^{(i)}(t)\beta, \quad t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

але з нульовими початковими умовами $y(t_0) = 0$.

Задача оцінки допусків на параметри формулюється так: визначити множину допустимих параметрів $G^{(\beta)}$ так, щоб траєкторії системи (2) належали множині допустимих станів Φ_t , $t \in [t_0, T]$.

Означення. Будемо казати, що системи (2) має $\{G^{(\beta)}, \Phi_t, t_0, T\}$ – оцінку допусків на параметри β , якщо $y(t, \beta) \in \Phi_t$, $t \in [t_0, T]$ для будь-яких $\beta \in G^{(\beta)}$.

У наведеній конкретизації задача оцінювання множини $G^{(\beta)}$ повністю вкладається у постановки задач практичної стійкості параметричних систем зі змінною структурою [2]. Так, для фіксованих початкових умов, задача оцінки допусків на параметри являє собою задачу $\{G_0^x, G_0^\alpha, \Phi_t, t_0, T\}$ – стійкості у просторі векторів розкиду y , β , оскільки множина G_0^x складається з однієї нульової точки.

Якщо задати множину $G^{(\beta)}$ структурно у формі еліпсоїда $G^{(\beta)} = \{\beta : \beta^* G \beta \leq c^2\}$, а динамічні обмеження взяти лінійними

$$\Phi_t = \Gamma_t = \{y : |l_s^*(t)y| \leq 1, s = 1, 2, \dots, N\}, \quad t \in [t_0, T], \quad (3)$$

якість допусків буде визначатися $\{c, G, \Gamma_t, t_0, T\}$ – оцінкою.

Критерій 1. Для $\{c, G, \Gamma_t, t_0, T\}$ — оцінки на параметри β системи (2) необхідно і достатньо, щоб виконувалась нерівність

$$c^2 \leq \min_{i=1,2,\dots,N} \min_{t \in [t_{i-1}, t_i]} \min_{s=1,2,\dots,N} \frac{1}{l_s^*(t) R^{(i)}(t) B^{-1} R^{(i)*}(t) l_s(t)},$$

$$t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

Тут

$R^{(i)}(t) = X^{(i)}(t, t_{i-1}) X^{(i-1)}(t_{i-1}, t_{i-2}) \dots X^{(2)}(t_2, t_1) \tilde{G}^{(1)}(t_1) + X^{(i)}(t, t_{i-1}) X^{(i-1)}(t_{i-1}, t_{i-2}) \dots$
 $X^{(3)}(t_3, t_2) \tilde{G}^{(2)}(t_2) + \dots + X^{(i)}(t, t_{i-1}) \tilde{G}^{(i-1)}(t_{i-1}) + \tilde{G}^{(i)}(t), \quad \tilde{G}^{(i)}(t) = \int_{t_{i-1}}^t X^{(i)}(t, \tau) G^{(i)}(\tau) d\tau;$
 $t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N.$ Фундаментальна матриця розв'язків $X^{(i)}(t, t_{i-1})$ однорідної системи (1), нормована за моментом t_{i-1} , визначається за таким матричним рівнянням:

$$\frac{dX^{(i)}(t, t_{i-1})}{dt} = A^{(i)}(t) X^{(i)}(t, t_{i-1}), \quad X(t_{i-1}, t_{i-1}) = E, \quad t \in [t_{i-1}, t_i]. \quad (5)$$

Підкреслимо, що у співвідношеннях (3) $l_s(t)$, $s = 1, 2, \dots, N$ — задані вектори вимірності n з кусково-неперервними елементами.

Для випадку нелінійних обмежень на вектор розкиду y

$$\Phi_t = \Psi_t = \{y: \psi(y, t) \leq 1\}, \quad t \in [t_0, T], \quad (6)$$

де $\psi(x, t)$ — неперервно-диференційовні по x , t скалярні функції, якість допусків буде визначатися $\{c, G, \Psi_t, t_0, T\}$ — оцінкою.

Критерій 2. Для $\{c, G, \Psi_t, t_0, T\}$ — оцінки на параметри β системи (2) необхідно та достатньо, щоб виконувалась нерівність

$$c^2 \leq \min_{i=1,2,\dots,N} \min_{t \in [t_{i-1}, t_i]} \min_{y \in \Psi'_t} \frac{[g^*(\bar{y}, t) \bar{y}]^p}{g^*(\bar{y}, t) R^{(i)}(t) B^{-1} R^{(i)*}(t) g(\bar{y}, t)},$$

$$g^*(\bar{y}, t) \bar{y} > 0, \quad \bar{y} \in \Psi'_t, \quad t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (7)$$

де $g^*(\bar{y}, t) = \text{grad}_{\bar{y}}^* \psi(\bar{y}, t)$, $\bar{y} \in \Psi'_t$, Ψ'_t — межа опуклої замкненої множини Ψ_t , $t \in [t_0, T]$.

Крім того, у наведеному критерії за змінною t умова диференційовності для функції $\psi(x, t)$ може, взагалі кажучи, і не виконуватись у точках перемкнення t_i , $i = 1, 2, \dots, N$.

Для лінійного відносно α типу початкових умов: $x_0(\alpha) = X_0 \alpha$, де X_0 — відома матриця вимірності $n \times m$, критерії оцінки допусків (4), (7) набувають відповідно вигляду:

$$c^2 \leq \min_{i=1,2,\dots,N} \min_{t \in [t_{i-1}, t_i]} \min_{s=1,2,\dots,N} \frac{1}{l_s^*(t) \tilde{R}^{(i)}(t) B^{-1} \tilde{R}^{(i)*}(t) l_s(t)},$$

$$t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, N;$$

$$c^2 \leq \min_{i=1,2,\dots,N} \min_{t \in [t_{i-1}, t_i]} \min_{y \in \Psi'_t} \frac{[g^*(\bar{y}, t) \bar{y}]^p}{g^*(\bar{y}, t) \tilde{R}^{(i)}(t) B^{-1} \tilde{R}^{(i)*}(t) g(\bar{y}, t)},$$

$$g^*(\bar{y}, t) \bar{y} > 0, \quad \bar{y} \in \Psi'_t, \quad t \in [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, 2, \dots, N;$$

причому $\tilde{R}^{(i)}(t) = X^{(i)}(t, t_{i-1}) X^{(i-1)}(t_{i-1}, t_{i-2}) \dots X^{(1)}(t_1, t_0) X_0 + R^{(i)}(t)$.

Якщо рух об'єкта описується системою (1) при $t \neq t_i$, а у точках перемкнення t_i , $i = 1, 2, \dots, N$ підпорядкований умові

$$x(t_i + 0) = C^{(i)} x(t_i - 0), \quad i = 1, 2, \dots, N_1 - 1, \quad (8)$$

залежно від типу обмежень Φ_i , $t \in [t_0, T]$, мають місце такі оцінки:

$$c^2 \leq \min_{i=1,2,\dots,N_1} \min_{t \in [t_{i-1}, t_i]} \min_{s=1,2,\dots,N} \frac{1}{l_s^*(t) \bar{R}^{(i)}(t) B^{-1} \bar{R}^{(i)*}(t) l_s(t)}, \quad (9)$$

$$t \in [t_{i-1}, t_i), \quad i = 1, 2, \dots, N_1, \quad s = 1, 2, \dots, N;$$

$$c^2 \leq \min_{i=1,2,\dots,N_1} \min_{t \in [t_{i-1}, t_i]} \min_{y \in \Psi'_i} \frac{[g^*(\bar{y}, t) \bar{y}]^2}{g^*(\bar{y}, t) \bar{R}^{(i)}(t) B^{-1} \bar{R}^{(i)*}(t) g(\bar{y}, t)}, \quad (10)$$

$$g^*(\bar{y}, t) \bar{y} > 0, \quad \bar{y} \in \Psi'_i, \quad t \in [t_{i-1}, t_i), \quad i = 1, 2, \dots, N_1.$$

Тут

$$\begin{aligned} \bar{R}^{(i)}(t) = & X^{(i)}(t, t_{i-1} + 0) C^{(i-1)} X^{(i-1)}(t_{i-1} - 0, t_{i-2} + 0) C^{(i-2)} X^{(i-2)}(t_{i-2} - 0, t_{i-3} + 0) \dots C^{(1)} \\ & X^{(1)}(t_1 - 0, t_0) X_0 + X^{(i)}(t, t_{i-1} + 0) C^{(i-1)} X^{(i-1)}(t_{i-1} - 0, t_{i-2} + 0) C^{(i-2)} X^{(i-2)}(t_{i-2} - 0, t_{i-3} + 0) \dots \\ & X^{(2)}(t_2 - 0, t_1 + 0) C^{(1)} \tilde{G}^{(1)}(t_1 - 0) + X^{(i)}(t, t_{i-1} + 0) C^{(i-1)} X^{(i-1)}(t_{i-1} - 0, t_{i-2} + 0) C^{(i-2)} \\ & X^{(i-2)}(t_{i-2} - 0, t_{i-3} + 0) \dots X^{(3)}(t_3 - 0, t_2 + 0) C^{(2)} \tilde{G}^{(2)}(t_2 - 0) + X^{(i)}(t, t_{i-1} + 0) C^{(i-1)} \\ & X^{(i-1)}(t_{i-1} - 0, t_{i-2} + 0) \dots X^{(4)}(t_4 - 0, t_3 + 0) C^{(3)} \tilde{G}^{(3)}(t_3 - 0) + X^{(i)}(t, t_{i-1} + 0) C^{(i-1)} \\ & \tilde{G}^{(i-1)}(t_{i-1} - 0) + \tilde{G}^{(i)}(t), \quad t \in [t_{i-1}, t_i), \quad i = 1, 2, \dots, N_1. \end{aligned}$$

Зокрема, якщо початкові умови системи з розривними координатами є фіксованими, потрібно перший доданок у виразі $\bar{R}^{(i)}(t)$ прирівняти до нуля та скористатися оцінками (9), (10).

На підставі наведених досліджень можна проводити оцінювання області допусків у випадку нелінійності як самої системи, так і відповідних початкових умов.

Результати досліджень. Для лінійних параметричних систем зі змінною структурою доведено критерії оцінки області допусків на параметри у заданих структурах. Розглянуто постановки задач розрахунку допусків для фіксованих і лінійних початкових умов при конкретних типах динамічних обмежень.

Висновки

На підставі критеріїв практичної стійкості для параметричних систем зі змінною структурою розроблено алгоритми оцінки областей допусків параметрів, зв'язаних з підвищенням ефективності реальних динамічних об'єктів.

Список літератури

1. Бублик Б.Н. Структурно-параметрическая оптимизация и устойчивость динамики пучков / Бублик Б.Н., Гаращенко Ф.Г., Кириченко Н.Ф. – К.: Наук.думка, 1985. – 304 с.
2. Панталієнко Л.А. Оцінювання областей стійкості параметричних систем зі змінною структурою / Л.А. Панталієнко // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2013. – Вип. 184, ч.1. – С. 269–273.

3. Розенвассер Е.Н. Чувствительность систем управления / Е.Н. Розенвассер, Р.М. Юсупов.— М.: Наука, 1981. — 464 с.

4. Самойленко А.М. Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием / А.М. Самойленко, Н.А. Перестюк. — К.: Вища шк., 1987. — 287 с.

Приведены результаты численного расчета областей допусков на параметры для линейных параметрических систем с переменной структурой. Рассмотрены постановки задач расчета допусков, которые включаются в алгоритмы практической устойчивости.

Допуски на параметры, устойчивость, критерии оценки, системы с переменной структурой.

The results of numerical calculation of tolerance on the parameters for parametric linear systems with variable structure. Considered problem statement calculating tolerances covered algorithms practical stability.

Tolerances on parameters, stability, evaluation criteria, systems with variable structure.

УДК 519.21

УМОВИ ВИНИКНЕННЯ РОЗВ'ЯЗКІВ СЛАБОЗБУРЕНИХ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ (ВИПАДОК $k = -2$)

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Запропоновано і доведено теорему для отримання достатніх умов існування розв'язків слабозбурених лінійних неоднорідних крайових задач з імпульсною дією у випадку, коли умова $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0} P_{Q_2} = 0$ не виконується.

Слабозбурена лінійна неоднорідна крайова задача, однорідна крайова задача з імпульсною дією, ортопроектор, ряд, псевдо-обернена матриця.

Актуальність цієї теми обумовлена, перш за все, важливістю практичного застосування теорії крайових задач у теорії нелінійних коливань, теорії стійкості руху, теорії управління, ряді геофізичних задач. З іншого боку, отримані в статті нові результати суттєво доповнюють дослідження по теорії нелінійних коливань для слабозбурених крайових задач.

Мета досліджень — знаходження достатніх умов існування розв'язків лінійних неоднорідних імпульсних крайових задач з малими збуреннями у випадку, коли породжуюча крайова задача з імпульсною дією не має розв'язків при довільних правих частинах.