2. Обзор средств MATLAB и ToolBox'ов для приближения данных [Электронный ресурс] – Режим доступу:http://matlab.exponenta.ru/spline/book1/7.php#4

3. Метод главных компонент [Электронный ресурс] – Режим доступу:http://ru.wikipedia.org/ метод главных компонент

Кривошей Р.В.
Наук. керівник к.т.н., доц. Репнікова Н.Б.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Синтез цифрових систем з квантуванням і фіксацією при невідомому векторі станів

В наші дні велика увага приділяється синтезу систем на базі векторно-матричних моделей. Метою роботи є моделювання цифрової системи з квантуванням та фіксацією, яка забезпечує бажану якість при невідомому вектору станів.

Постановка задачі. Нехай заданий неперервний об’єкт управління описується векторно-матричним рівнянням у просторі станів:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A * x(t) + B * u(t) \\ y(t) = C * x(t) \end{cases},$$

де $x(t)$ – невідомий *n*-мірний вектор станів, який включає в себе змінні об’єкта управління; $u(t)$ – *m*-мірний вектор керуючих впливів, який включає в себе керуючі сигнали, що діють на систему ззовні; $y(t)$ – l-мірний вектор виходу, який містить змінні об’єкта, доступні для спостереження; A – постійна матриця, що задає властивості об’єкта розмірністю $n \times n$; B – постійна матриця управління розмірністю $n \times m$; C – постійна матриця виходу розмірністю $l \times n$.

На першому кроці синтезу необхідно перевірити об’єкт управління на умови повної керованості та спостережуваності, і переконатися, що об’єкт управління задовольняє даним умовам.

На наступному кроці синтезу цифрової системи з квантуванням і фіксацією необхідно визначити бажаний характеристичний поліном та знайти його корені z_i, які забезпечать нульову похибку в усталеному режимі та заданий час регулювання (перехідного процесу). Для визначення характеристичного поліному може бути використаний будь-який із відомих методів знаходження коренів бажаного характеристичного рівняння.

Далі, використовуючи матриці вихідного об’єкту управління, розраховуються фундаментальна матриця $\Phi(t)$ та $Q(t)$. Для визначення матриць $\Phi(t)$ та $Q(t)$ рекомендовано використовувати метод, що базується на зворотному перетворенні Лапласа:

$$\Phi(t) = L^{-}\{(sE - A)^{-1}\},$$

$$Q(t) = L^{-}\{(sE - A)^{-1} B s^{-1}\},$$

де E – одинична матриця.

Матриця коефіцієнтів зворотного зв’язку (матриця регулюючого пристрою) G розраховується за наступною формулою згідно із запропонованим алгоритмом в [1]:

$$G = -[\Delta_{01} \quad \Delta_{02} \quad \dots \quad \Delta_{0n}] \cdot K^{-1},$$

де

$$\Delta_{0i} = \Delta_0(z)\big|_{z=z_i},$$

$$\Delta_0(z) = |zE - \Phi(t)|,$$

$$K = [K_1 \quad K_2 \quad \dots \quad K_n],$$

$$K_i = K(z)\big|_{z=z_i}$$

$$K(z) = Adj[zE - \Phi(t)] \cdot Q(t).$$

При синтезі цифрових систем з квантуванням і фіксацією при невідомому векторі станів, для відновлення вектора станів використовується спостерігаючий пристрій.

Для визначення матриць, якими описується спостерігаючий пристрій, необхідно розрахувати матрицю H коефіцієнтів зворотного зв'язку спостерігаючого пристрою. Для знаходження коефіцієнтів матриці H можна використовувати метод, який полягає в тому, щоб прирівняти значення при однакових степенях характеристичного полінома $[z * E - A + H * C]$ та бажаного характеристичного рівняння, де E – одинична матриця розмірності $n \times n$. Іншим широко розповсюдженим методом є використання команди програмного пакету MatLab:

$$H = place(A^T, C^T, P),$$

де $P = [-z_1 \quad \dots \quad -z_n]$ – матриця бажаних коренів характеристичного рівняння.

Матриці спостерігаючого пристрою $A_{сп}, B_{сп}, C_{сп}, D_{сп}$ мають наступний вигляд:

$$\begin{cases} A_{сп} = A - H * C; \\ B_{сп} = [B \quad K]; \\ C_{сп} = [E]; \\ D_{сп} = [0]. \end{cases}$$

Даний метод синтезу перевірявся на багаточисленних експериментах. Далі представлено рішення одного із них.

Матриці вихідного неперервного об'єкту управління мають наступний вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} -3.6 & -1.5 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix}; \ C = [0 \quad 5]; \ D = [0].$$

Використовуючи блок Signal Constraint програмного пакету MatLab бібліотеки Simulink, визначаємо бажані корені характеристичного рівняння цифрової системи:

$$z_{16} = -0.323815; \qquad z_{26} = 0.570915.$$

Матриці $\Phi(t)$ та $Q(t)$

$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} 0.468 & -0.2117 \\ 0.1412 & 0.9762 \end{bmatrix}.$$

$$Q(t) = \begin{bmatrix} 0.5646 \\ 0.0635 \end{bmatrix}.$$

Матриця коефіцієнтів зворотного зв'язку:

$$G = [1.5982 \quad 4.6258].$$

Матриці спостерігаючого пристрою:

$$A_{сп} = \begin{bmatrix} -3.6 & -11.8855 \\ 1 & 3.353 \end{bmatrix}; \quad B_{сп} = \begin{bmatrix} 4 & 2.0771 \\ 0 & -0.6706 \end{bmatrix};$$

$$C_{сп} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad D_{сп} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Для перевірки проведених розрахунків було розроблено модель досліджуваної системи. На рисунку 1 представлена схема моделі цифрової системи, яка побудована в програмному середовищі MatLab.

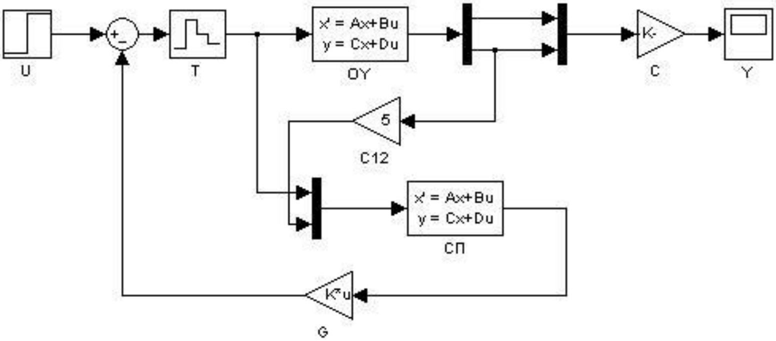

Рисунок 1 – Модель досліджуваної системи На рисунку 2 представлено графіки перехідних процесів вихідної і синтезованої систем.

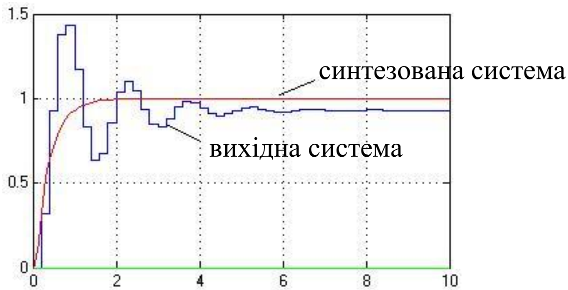

Рисунок 2 - Графіки перехідних процесів вихідної та синтезованої систем

Приведений графік перехідних процесів підтверджує достовірність представленого методу синтезу.

Література.

1. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления, М.: Машиностроение, 1986. – 448с.