УДК 681.3:664.1

Синергетичне керування хаотичними системами на прикладі станції дефекосатурації. Застосування методу АКАР.

Заїка В.І. [1]

Abstract - **The modern sugar production requires new approaches to its management.**

Astatic control laws are usually used for linear models of objects, but do not allow quality control of nonlinear systems.

Modern microprocessor controller enables implementation of more sophisticated control algorithms.

The report considered the possibility of applying the method of analytical design of aggregated regulators to control nonlinear systems.

Keywords - **The mathematical model, Aggregated regulators Properties adaptability.**

I. Вступ

При створенні систем керування різними промисловими об'єктами, такими як станція дефекосатурації, на практиці часто застосовують так звані астатичні закони керування, які містять у собі інтегральну складову, яка поліпшує точність систем в усталених режимах.

Необхідно підкреслити, що застосування, наприклад, ПІД-алгоритмів керування в більшості випадків використовується для лінійних об'єктів.

В тих випадках, коли об'єкт нелінійний, по-перше, виникає в багатьох випадках проблема втрати стійкості замкненої системи, по-друге, можливе отримання принципово нових якісних властивостей замкнених систем. Дані задачі, на станції сокоочистки, пропонується розв'язати за допомогою методів АКАР [1].

II. Базові положення методу АКАР

Відповідно до підходів, які реалізує метод АКАР, необхідно виконати наступні етапи побудови математичної моделі об'єкта та «зовнішніх» керувань:

1. Записуються диференціальні рівняння об'єкта:

$$\begin{aligned} &\dot{x}_k(t) = f_k(x_1,...,x_n) + M_k(t), k = 1,2,...,m-1; m \le n, \\ &\dot{x}_{k+1}(t) = f_{k+1}(x_1,...,x_n) + u_{k+1} + M_{k+1}(t), \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ &\dot{x}_n(t) = f_n(x_1,...,x_n) + u_n + M_n(t), \end{aligned} \qquad (1)$$

де $x_1,\dots,x_n$ - координати стану об'єкта, $u_{k+1},\dots,u_n$ - керування, $M_1(t),...,M_n(t)$ - збурення.

2. До системи (1) додається μ-рівнянь, пов'язаних із проблемою передбачення та компенсації зазначених збурень:

$$\dot{w}_j(t) = g_j(w_1,...,w_\mu,x_1,...,x_n),\ \text{j}=1,\dots\mu..... \qquad (2)$$

При побудові рівнянь (2) виникають два важливі завдання:

- завдання опису реальних збурень $M_k(t),...,M_n(t)$ як часткових рішень деяких диференціальних рівнянь;
- завдання формування зв'язків між рівняннями початкового об'єкта (1) і рівняннями збурень.

Для опису реальних збурень оберемо хвильове подання у вигляді напівдетермінованих виражень [1]

$$M(t) = W[M_1(t), M_2(t),..., M_n(t); c_1,...,c_r], \qquad (3)$$

де $M_i(t), i = 1,2,...,n-$ відомі функції, $c_j, j = 1,..., r-$ невизначені параметри, які можуть у невідомі моменти часу стрибком змінювати свої значення. Набір відомих функцій $M_i(t)$ у рівнянні (3) повинен відображати всі хвильові форми збурень, які діють на об'єкт. Багато реальних збурень можна представити як лінійний хвильовий опис:

$$M_i(t) = \sum_{k=1}^{r} c_{ik} m_{ik}(t),\ \ i = 1,2,...,n \qquad (4)$$

Це свідчить, що збурення складається зі зважених лінійних комбінацій і безперервних функцій часу. Хвильове подання збурень дає інформацію про збурення іншого роду [1], [2].

Річ у тім, що статистичний опис несе зазвичай інформацію про середнє значення зміни збурення і його величину на тривалому інтервалі часу. Хвильовий же опис надає можливість визначити саме характер щонайменше на коротких інтервалах часу. Для багатьох прикладних завдань керування саме інформація про збурення на коротких інтервалах часу нерідко становить найбільший інтерес [1], [2].

Після вибору базових функцій необхідно перейти до формування моделі стану для збурень. Опис безперервних функцій у вигляді рішень деяких диференціальних рівнянь уперше почали використовувати К.Шеннон [3] в теорії диференціальних аналізаторів і В.С.Кулебакін [4] у теорії керування. Узагальнене подання збурень дане в роботі С.Джонсона [1] у формі системи диференціальних рівнянь.

$$\dot{w}_{jM}(t) = g_{jM}(w_1,..., w_\mu, \sigma_1,..., \sigma_\mu), \qquad (5)$$

де $w_j(t) = M_j(t)$, а $\sigma_j(t)$ є випадковими дельта-функціями, які відображають стрибкоподібний характер зміни коефіцієнтів c_j.

[1] Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, Київ, 01601, УКРАЇНА,
E-mail: zaikavladimir@gmail.com

Для лінійного хвильового опису (4) рівняння (5) можуть бути представлені в канонічному виді:

$$\dot{w}_1(t) = w_2 + \sigma_1(t), \dot{w}_2(t) = w_3 + \sigma_2(t), ..., \dot{w}_{r-1}(t) =$$
$$= w_r + \sigma_{r-1}(t),$$
$$\dot{w}_n(t) = -\alpha_1 w_1 - \alpha_2 w_2 - ... - \alpha_r w_r + \sigma_2(t).$$

На основі моделей стану (5) можна перейти до формування рівнянь зв'язку (2), що становить зміст другого важливого завдання. Очевидно, що в рівнянні зв'язку (2) доцільно вводити ті координати початкового об'єкту $x_1, ..., x_n$, похідні яких $\dot{x}_1(t), ..., \dot{x}_n(t)$, відповідно до рівнянь (1), містять у правих частинах відповідні збурення $M_1(t), ..., M_n(t)$. У рамках методу АКАР координати $x_1, ..., x_n$ можна інтерпретувати як деякі «внутрішні» керування, при досягненні якими заданих значень рівняння зв'язку (2) переходять у модель збурень (5). Це й буде означати «поглинання» регулятором діючих збурень.

Після вибору рівнянь зв'язку (2) у результаті одержуємо розширену систему диференціальних рівнянь

$$\begin{aligned} &\dot{w}_j(t) = g_j(w_1, ..., w_\mu, x_1, ..., x_n), j = 1, ..., \mu; \\ &\dot{x}_i(t) = f_i(x_1, ..., x_n) + w_i, i = \mu + 1, ..., m-1, \\ &\dot{x}_{i+1}(t) = f_{i+1}(x_1, ..., x_n) + w_n + u_n. \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\dot{x}_n(t) = f_n(x_1, ..., x_n) + w_n + u_n. \end{aligned} \qquad (6)$$

Рівняння (6) дозволяють поставити завдання синтезу законів керування $u_{i+1}, ..., u_n$, які поглинають збурення $M_1(t), ..., M_n(t)$ і які забезпечують задані динамічні властивості замкненої системи.

3. Для вирішення другого розширеного завдання синтезу використовується методологія методу АКАР. Для цього необхідно щоб під дією «зовнішніх» керувань $u_{i+1}, ..., u_n$ відображення точки розширеної системи (6) попадало в околицю перетину багатообразів $\psi_1 = 0, ..., \psi_m = 0$, рух уздовж якого описується наступними рівняннями «внутрішньої» динаміки:

$$\begin{aligned} &\dot{w}_{j\psi}(t) = g_j(w_{1\psi}, ..., w_{\mu\psi}, v_{i+1}, ..., v_n, x_{1\psi}, ..., x_{m-1\psi}), \\ &j = 1, ..., \mu; \\ &\dot{x}_{i\psi}(t) = fi(x_{1\psi}, ... x_{m-1\psi}, v_{i+1}, ..., v_n), \\ &i = \mu + 1, ..., m-1, \end{aligned} \qquad (7)$$

де $v_{i+1}, ..., v_n$ – «внутрішні» керування.

4. Розглядаючи декомпозовану систему (7) розмірності $n + \mu - m$, синтезуємо «внутрішні» керування $v_{i+1}, ..., v_n$, які забезпечують бажані динамічні властивості. Синтез керувань $v_{i+1}, ..., v_n$ являє собою самостійне внутрішнє завдання керування. Знаючи керування $v_{i+1}, ..., v_n$ можна ввести тепер бажані макрозмінні, наприклад, лінійного виду

$$\begin{aligned} &\psi_s = \gamma_{s1}(x_{i+1} - v_1) + ... + \gamma_{sm}(x_n - v_n), \\ &s = 1, ..., m \end{aligned} \qquad (8)$$

5. На основі функціональних керувань $T_s \psi_s(t) + \varphi_s(\psi_s) = 0, s = 1, ..., m$, бажаних макрозмінних ψ_s (8) і в силу рівнянь розширеної системи (6) відповідно до методу АКАР знаходяться «зовнішні» керування:

$$\begin{aligned} &u_{i+1} = -f_{i+1}(x_1, ..., x_n) - w_{i+1} - \frac{D_1}{D}; \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &u_n = -f_n(x_1, ..., x_n) - w_n - \frac{D_n}{D}, \end{aligned} \qquad (9)$$

де $D = \begin{matrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1m} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2m} \\ . & . & . & . \\ \gamma_{m1} & \gamma_{m2} & \cdots & \gamma_{mm} \end{matrix} \neq 0, \quad D_1 = \begin{matrix} \Phi_1 & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1m} \\ \Phi_2 & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{1m} \\ . & . & . & . \\ \Phi_m & \gamma_{m2} & \cdots & \gamma_{mm} \end{matrix} \neq 0$ при $\Phi_s = 0$,

$$D_n = \begin{matrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1,m-1} & \Phi_1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \lambda_{2,m-1} & \Phi_2 \\ . & . & ., & . & \ldots \\ \gamma_{m1} & \gamma_{m2} & \cdots & \gamma_{m,m-1} & \Phi_ь \end{matrix} \neq 0 \text{ при } \Phi_s \neq 0,$$

$$\Phi_s = \gamma_{s1}\dot{v}_1(t) + \gamma_{s2}\dot{v}_2(t) + ... + \gamma_{sm}\dot{v}_n(t) - \frac{1}{T_s}\varphi_s(\Phi_s).$$

III. Висновок

Отримані співвідношення дозволяють знайти закони керування (9), які переводять відображення точки в околицю перетину інваріантних багатообразів $\psi_1 = 0, ..., \psi_m = 0$. Рух відображення точки уздовж цього перетину визначається рівняннями «внутрішньої» динаміки (7). Закони керування (9) разом з рівняннями зв'язку (2) створюють рівняння агрегованого регулятора, що забезпечує селективну інваріантність замкненої системи до збурень $M_1(t), ..., M_n(t)$, асимптотичну стійкість її руху й бажані властивості перехідних процесів.

Слід зазначити, що системи, які синтезуються методом АКАР, мають властивість адаптивності, тобто малої чутливості до гістерезису параметрів і різноманітних шумів в об'єкті.

Список посилань

[1] Джонсон, С. Теория регуляторов, приспосабливающихся к возмущениям [Текст] //Под ред. К.Т. Леордеса. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах. М.: Мир. 1980. С. 253-320.

[2] Салычев, О.С. Скалярное оценивание многомерных динамических систем [Текст] /Салычев О.С. - М. : Машиностроение, 1987. - 215 с.

[3] Шеннон К. Математическая теория дифференциального анализатора [Текст] //Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИИЛ. 1983. С.209-728.

[4] Кулебакин В. С. О поведении непрерывно возмущаемых автоматизированных линейных систем. [Текст] //Доклады АН СССР. 1949. Т.68. № 5. С.73-79.