Заключительным этапом проектирования АСУ является параметрическая оптимизация – определение настроечных параметров выбранного регулятора.

После решения задачи синтеза обычно выполняют анализ синтезированной системы, т. е. проверяют, обладает ли система необходимыми показателями устойчивости и качества управления.

Применение на всех этапах синтеза и анализа АСУ цифровых вычислительных машин позволяет рассмотреть большое количество вариантов структур и параметров и тем самым существенно ускорить решение задачи синтеза.

Список использованной литературы

1. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Издательство МЭИ, 2004. – 400 с., ил.
2. Сидоренко, Ю.А. Теория автоматического управления: учебное пособие/ Ю.А. Сидоренко – Минск: БГАТУ, 2007. – 124 с.
3. Мирошник, И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. – 306 с.

Несенчук А.А., к.т.н., доцент
Объединенный институт проблем информатики
НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРНЕВОГО ПОДХОДА

Системы с неопределенными параметрами, в частности интервальные, представляют собой один из наиболее обширных и сложных классов систем. Вопросы исследования этих систем занимают центральное место в теории автоматического управления [1, 2].

Рассмотрим систему управления, динамика которой описывается семейством интервальных характеристических уравнений вида

$$\sum_{j=0}^{n} a_j s^{n-j} = 0, \qquad (1)$$

где вектор коэффициентов $a = (a_0, a_1, ..., a_{n-1}, a_n)$ принадлежит некоторому связному множеству $A \subset R^{n+1}, a \in A$, n – степень полинома (целое число); s – комплексное переменное, $s = \sigma + i\omega$.

Интервальное изменение коэффициентов характеристического уравнения динамической системы отражает интервальное изменение ее параметров. Предположим, что коэффициенты (1) действительны и изменяются в следующих пределах:

$$\underline{a}_j \le a_j \le \overline{a}_j, \quad j = \overline{1,n}, \quad a_0 \ne 0, \tag{2}$$

где $\underline{a}_j$ и $\overline{a}_j$ – соответственно минимальное и максимальное значения замкнутого интервала изменения коэффициента a_j.

Перепишем уравнение (1), выделив коэффициент a_k, в виде

$$\varphi(s) + a_k \psi(s) = 0, \tag{3}$$

где функции $\varphi(s)$ и $\psi(s)$ представляют собой полиномы интервального семейства.

Сделав в уравнении (3) замену переменного, $s = \sigma + i\omega$, запишем уравнение корневого годографа:

$$v(\sigma, \omega) = 0 \tag{4}$$

и уравнение параметра:

$$u(\sigma, \omega) = a_k \tag{5}$$

для рассматриваемой системы.

Установим характер пересечения границы асимптотической устойчивости системы, описываемой семейством характеристических уравнений четвертого порядка:

$$s^4 + a_1 s^3 + a_2 s^2 + a_3 s + a_4 = 0,$$

ветвями свободных корневых годографов с параметром a_4. Для этой цели воспользуемся функцией параметра (5) и уравнением корневого годографа (4). Установив значение $\sigma = 0$, определим функцию параметра траектории на границе асимптотической устойчивости (оси $i\omega$):

$$a_4 = -\omega^4 + a_2 \omega^2, \underline{a}_2 \le a_2 \le \overline{a}_2. \tag{6}$$

Определим уравнение корневого годографа на границе $i\omega$:

$$-a_1\omega^3 + a_3\omega = 0\,. \qquad (7)$$

Уравнение (7) используется для нахождения координат ω области пересечения границы устойчивости ветвями корневых годографов портрета, а выражение (6) – для определения значений свободного параметра (в рассматриваемом случае в определенных точках данной области.

Ввиду аналитичности и непрерывности функций (6) и (7) очевидно, что точки пересечения границы устойчивости ветвями годографов портрета образуют на этой оси некоторую область D_ω. Определим максимальное и минимальное значения функции параметра в области D_ω. Для этого выполним исследование функции параметра на экстремум с помощью первой производной.

$$u'(\omega) = -4\omega^3 + 2a_2\omega = 0$$

Перепишем выражение (6) для $a_2 = \overline{a}_2$:

$$a_{4\max} = -\omega^4 + \overline{a}_2\omega^2\,, \qquad (8)$$

возьмем первую производную от функции параметра (8) и приравняем ее нулю:

$$u'(\omega) = -4\omega^3 + 2\overline{a}_2\omega = 0\,. \qquad (9)$$

Решив уравнение (9), вычислим значения координат точек экстремума функции параметра на границе устойчивости. При n=4 имеется четыре точки максимума функции параметра.

Перепишем уравнение (6) для $a_2 = \underline{a}_2$:

$$a_{4\min} = -\omega^4 + \underline{a}_2\omega^2\,, \qquad (10)$$

и первую производную функции (10) приравняем нулю:

$$u'(\omega) = -4\omega^3 + 2\underline{a}_2\omega = 0\,. \qquad (11)$$

Решив уравнение (11), вычислим значения координат точек экстремума (минимума) функции параметра на границе устойчивости. При n=4 имеется три точки минимума функции параметра.

Далее выполняется построение мажоранты и миноранты функции параметра на границе устойчивости рассматриваемой системы. Граница устойчивости разделяется на три области пересечения:

- возрастания функции параметра: $\overline{D}_\omega \subset D_\omega$;

- убывания функции параметра: $\underline{D}_\omega \subset D_\omega$;
- комбинированная область: $\tilde{D}_\omega \subset D_\omega$.

Установлено, что, если годографы корневого портрета интервальной системы пересекают границу устойчивости в области $\overline{D}_\omega$ или $\underline{D}_\omega$, для проверки устойчивости системы используется только одно уравнение интервального семейства:

$$s^4 + \overline{a}_1 s^3 + \underline{a}_2 s^2 + \underline{a}_3 s + \overline{a}_4 = 0 \text{ – в области } \overline{D}_\omega,$$

$$s^4 + \underline{a}_1 s^3 + \underline{a}_2 s^2 + \overline{a}_3 s + \overline{a}_4 = 0 \text{ – в области } \underline{D}_\omega.$$

Если годографы системы пересекают границу устойчивости в области $\tilde{D}_\omega$, где сочетаются участки возрастания и убывания функции параметра, для проверки устойчивости используются два уравнения интервального семейства:

$$s^4 + \overline{a}_1 s^3 + \underline{a}_2 s^2 + \underline{a}_3 s + \overline{a}_4 = 0,$$

$$s^4 + \underline{a}_1 s^3 + \underline{a}_2 s^2 + \overline{a}_3 s + \overline{a}_4 = 0.$$

Список использованных источников

1. Поляк, Б.Т. Робастная устойчивость и управление / Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков. – М.: Наука, 2002. – 303 с.

2. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода / А.А. Несенчук. – Мн: ОИПИ НАН Беларуси, 2005. – 234 с.

Овсянников В.Ю.[1], д.т.н., доцент,
Бабенко М.С.[2], к.т.н., инженер
[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж
[2]ООО «Воронежсельмаш», г. Воронеж

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПАСТЕРИЗАЦИОННО-ОХЛАДИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ МОЛОКА

Пастеризация молока и молочных продуктов является одной из важнейших технологических операций молочного производства. Особенно это актуально для малых предприятий, занимающихся