характеристического полинома от коэффициентов невозмущенной системы.

4. Оценка максимальных отклонений параметров объекта управления. По известным значениям максимальных отклонений коэффициентов характеристического полинома системы решается обратная задача оценки диапазона изменения параметров объекта управления: сопротивление якоря двигателя и момент инерции механизма.

Разработанная методика и соответствующее ей математическое обеспечение реализованы в системе MathCAD 5.0.

Список литературы:

1. *Цыпкин Я.З.* Частотные критерии модальности линейных дискретных систем// Автоматика. 1990. № 3. С. 3-9.

2. *Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З.* Частотные критерии робастной устойчивости и апериодичности линейных систем// Автоматика и телемеханика. 1990. № 9. С. 45-54.

А.В. Маматов, В.Н. Подлесный, В.Г. Рубанов
(Белгород, БелГТАСМ)

АНАЛИЗ РОБАСТНОЙ МОДАЛЬНОСТИ ОДНОТИПНЫХ МНОГОСВЯЗНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ ПАРАМЕТРОВ

В практике проектирования цифровых систем управления объектами электроэнергетики имеет место специальный класс многосвязных систем (однотипные системы), которые состоят из одинаковых сепаратных подсистем, взаимодействующих посредством голономных связей [1].

Модальности однотипных систем анализируются с использованием характеристической функции вида: $D(f(\lambda)) = d_0 + d_1 f(\lambda) + \ldots + d_n f^n(\lambda)$, где $f(\lambda)$ - дискретная передаточная функция сепаратной подсистемы; d_i, $i = \overline{0,n}$ - коэффициенты, зависящие от элементов матрицы голономных связей; λ - оператор запаздывания.

В робастной постановке задачи рассматриваются семейство полиномов $\delta = \{D(p)\}$ и семейство функций $\varphi = \{f(\lambda)\}$., заданных каким-либо образом. Говорят, что семейство $\Delta = \{D(f(\lambda)), D \in \delta, f \in \varphi\}$ робастно модально, если модальны все $D(f(\lambda))$ из Δ.

В работе [2] сформулирован общий критерий робастной модальности однотипных многосвязных систем. Пусть известны комплексная функция $\lambda = \lambda(\omega), \omega \in \Omega \subset R^1$, задающая параметрическую границу области модальности, а также множество нулей N семейства полиномов δ и множество значений $Q(\omega) = \{f(\lambda), f \in \varphi, \lambda = \lambda(\omega)\}$ семейства функций φ. Робастная модальность семейства Δ эквивалентна выполнению двух условий: 1) один из полиномов семейства Δ робастно модален; 2) множество нулей N не пересекается с множеством значений $Q(\omega)$ для всех ω. Проверка условия 2 в общем случае сопряжена со значительными вычислительными затратами, поэтому большой практический интерес представляют различные частные постановки задачи, для которых удается получить конструктивные решения.

В докладе рассматривается случай, когда параметры передаточной функции сепаратной подсистемы $f(\lambda)$ определены с точностью до принадлежности многомерному эллипсоиду и коэффициенты полинома $D(p)$ линейно зависят от вектора параметров, также заданного с точностью до принадлежности многомерному эллипсоиду:

$$f(\lambda) = f(\lambda, \mathbf{b}),\ \mathbf{b} \in B, \qquad B = \{\mathbf{b}\colon\ (\mathbf{b} - \mathbf{b}^0)'\mathbf{B}(\mathbf{b} - \mathbf{b}^0) \le 1\},$$

$$D(p) = D(p, \mathbf{a}), \ \mathbf{a} \in A, \qquad A = \{\mathbf{a}\colon \ (\mathbf{a} - \mathbf{a}^0)' \mathbf{A} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^0) \le 1\},$$

где $\mathbf{B}, \mathbf{A}$ - симметрические положительно определенные матрицы; $\mathbf{b}^0$, $\mathbf{a}^0$ - номинальные векторы параметров.

Необходимо определить принадлежность корней семейства характеристических функций $\Delta = \{D(f(\lambda, \mathbf{b}), \mathbf{a}), \ \mathbf{a} \in A, \ \mathbf{b} \in B\}$ некоторой замкнутой области Λ в плоскости корней λ, определяющей модальные свойства семейства.

Анализ робастной модальности осуществляется в следующем порядке.

1. Определяется множество значений: $Q(\omega) = \{f(\lambda, \mathbf{b}), \ \lambda = \lambda(\omega), \ \mathbf{b} \in B\}$.

2. Строится область $L = \{Q(\omega), \ \omega \in \Omega \subset R^1\}$.

3. На основе обобщенного критерия робастной модальности линейных дискретных систем [3] проверяется расположение множества нулей семейства полиномов $N = \{p\colon \ D(p, \mathbf{a}) = 0, \ \mathbf{a} \in A\}$ относительно области L и делается вывод о модальности семейства $\Delta = \{D(f(\lambda, \mathbf{b}), \mathbf{a}), \ \mathbf{a} \in A, \ \mathbf{b} \in B\}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства общего и профессионального образования РФ, грант Санкт-Петербургского электротехнического университета.

Список литературы:

1. *Соболев О.С.* Однотипные связанные системы регулирования. М.: Энергия, 1978.

2. *Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З.* Устойчивость и робастная устойчивость однотипных систем // Автоматика и телемеханика. 1996. № 11. С. 91-104.

3. *Маматов А.В., Подлесный В.Н., Рубанов В.Г.* Критерий робастной модальности линейных дискретных систем с МНК-оценкой

параметров объекта управления // Математическое моделирование и информационные технологии: Сб. докл. междунар. конф. Белгород: Изд. БелГТАСМ, 1997. Ч. 8. С. 81-86.

Ю.М. Мочалов
(Чебоксары, ЧГУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СГЛАЖИВАНИЯ ВХОДНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ ИСН

Важным параметром, характеризующим качество работы системы управления ИСН, является коэффициент сглаживания $K_{\text{сгл}}(\omega_{\text{п}})$ на частоте $\omega_{\text{п}}$ пульсаций входного напряжения, определяемый по формуле (1)

$$K_{\text{сгл}}(\omega_{\text{п}}) = \frac{U_{\text{вх}\sim}}{U_{\text{вых}\sim}} \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}, \tag{1}$$

где $U_{\text{вх}\sim}$, $U_{\text{вых}\sim}$ - амплитуды пульсаций напряжения на частоте $\omega_{\text{п}}$ соответственно на входе и выходе системы. Обычно значения $K_{\text{сгл}}$ определяются по линейным моделям с использованием аппарата z-преобразования и переходом к псевдочастоте [1]; при этом возникают трудности, связанные с применением указанных методов к уравнениям, записанным в матричной форме (2) и имеющим в общем случае произвольный порядок. В настоящей работе рассматривается простая машинно-ориентированная методика определения $K_{\text{сгл}}$ непосредственно по линейной модели ИСН, представленной в матричной форме.

Уравнение, описывающее процессы в линеаризованной модели ИСН, имеет вид:

$$\Delta\mathbf{X}[(n+1)T] = \mathbf{C}\Delta\mathbf{X}(nT) + \mathbf{P}\Delta\mathbf{B}, \tag{2}$$

где $\Delta\mathbf{X}[nT]$ - приращение вектора переменных состояний на n-м периоде в возмущенном режиме работы ИСН; $\mathbf{P}$ - матрица,