УДК 681.51

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ СХОДИМОСТИ

Карпович Д.С., Стаблецкий В.А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

Коэффициенты в передаточной функции, которые представленные интервальными величинами, характеризуют неопределённость входных данных, эти данные зачастую могут меняться (произошёл механический износ системы управления, изменение внутренних свойств системы управления во время эксплуатации и др.).

Рассмотрим вариант, при котором система уравнений имеет нормальную форму Коши и объект управления описывается уравнением вида:

$$\frac{dX(t)}{dt} = AX(t)\,, \tag{1}$$

где $X(t)$ — n-мерный вектор состояния, А — $n \times n$ - матрица коэффициентов системы.

Устойчивость системы может быть исследована с помощью корней характеристического уравнения, также известно, что система является асимптотически устойчивой, если все корни данного уравнения (2) находятся в левой полуплоскости комплексных корней, имеющее отрицательные вещественные составляющие или отрицательные значения.

$$a_n \cdot \lambda^n + a_{n-1} \cdot \lambda^{n-1} + \ldots + a_1 \cdot \lambda + a_0 = 0\,. \tag{2}$$

Устойчивость системы определялась с помощью критерия Гурвица, при котором составлялась матрица из коэффициентов характеристического уравнения. Однако существуют и другие варианты проверки устойчивости системы например, можно применить функцию Ляпунова в виде $V(x) = X^T(t) \cdot Q \cdot X^T(t),$ где Q – матрица положительных, действительных чисел размером $n \times n$.

Оценка устойчивости полинома с интервальными коэффициентами по методике Харитонова основана на построении четырёх полиномов с граничными значениями коэффициентов. При этом наличие только отрицательных корней или вещественных частей комплексных корней каждого из полиномов является необходимым и достаточным условием устойчивости интервальной системы [1].

При использовании данного метода достаточно из множества угловых матриц интервальной системы, выделить две угловые матрицы, которые будут определять максимальные и минимальные значения.

$$\begin{cases} a_{\min} < a_{\max} \\ b_{\min} < b_{\max} \end{cases} \tag{3}$$

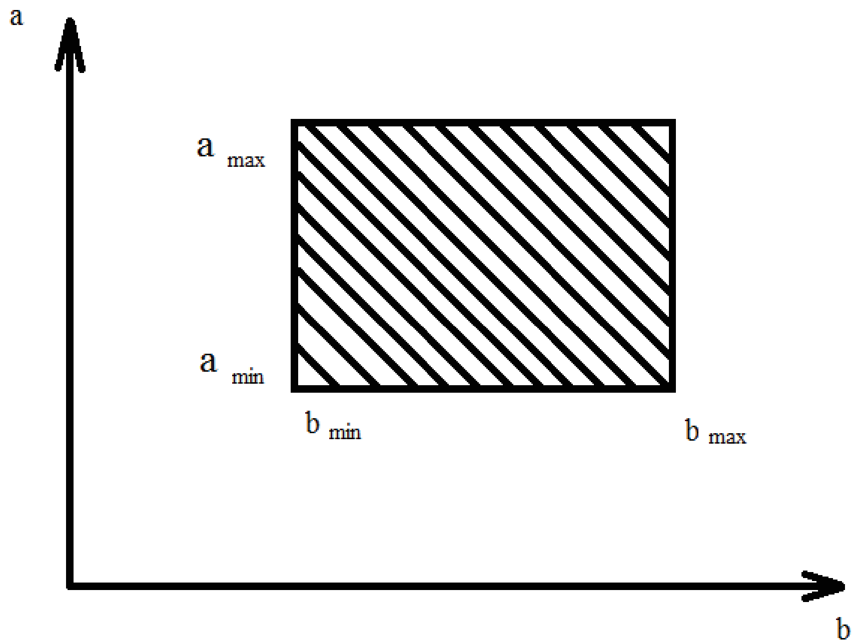

Рисунок 1 – Графическое представление интервальной сходимости по Харитонову

Итогом анализа является рассмотренное дифференциальное уравнение, получена передаточная функция и интервальная матрица. Был проверен метод интервальной сходимости по Харитонову и подтверждён. Были получены графики переходных процессов при различных коэффициентах, взятых из интервальной матрицы. При выходе за границы допустимых коэффициентов система становилась неустойчивой, а при подстановке коэффициентов внутри матрицы система оставалась устойчивой. Данный метод также может быть использован в пространстве состояний.

Литература

1. Харитонов В. Л. Об асимптотической устойчивости положения равновесия семейства дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения. 1978. № 11.

2. Иванова К.Ф. Оценка решения систем линейных алгебраических уравнений с неопределёнными коэффициентами // Материалы X Междунар. науч.-практ. конф. “Фундаментальные и прикладные науки сегодня”, Норт-Чарльстон, Ю. Каролина, США, 26-27 декабря 2016г. Т. 3 С. 101-113.

3. Федюков А.А. Применение средств пакета MatLab для численного решения задач стабилизации по выходу динамических систем с фазовыми ограничениями: Метод. пособие. Нижн. Новгород: Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского, 2014. 37 с.

4. Ackermann J. Robust Control: Systems with Uncertain Physical Parameters. - London etc.: Springer-Verlag., 1993. – 406 p.