УДК 519.71

И.К. Асмыкович, доц., канд. физ.-мат. наук
(БГТУ, г. Минск)

О ВЫДЕЛЕНИИ НУЛЕВОЙ ДИНАМИКИ В НОРМАЛИЗУЕМЫХ ДЕСКРИПТОРНЫХ СИСТЕМАХ

Проблема выделения нулевой динамики в обыкновенных линейных системах является важной частью решения задачи обращения динамических систем [1] и синтеза наблюдателей в системах с неопределенностью. Для обыкновенных линейных систем разработаны алгоритмы выделения уравнений нулевой динамики для одновходных и многовходных систем, получены их размерности и характеристические уравнения, исследованы условия устойчивости. Но в последние десятилетия в качественной теории управления активно изучаются более сложные виды систем, а именно, гибридные [2], дескрипторные [3, 4] или дифференциально-алгебраические [5, 6]. Особое внимание уделяется последним, библиографический указатель работ по которым насчитывает на данный момент более двух тысяч наименований, по которым регулярно издаются монографии [4], проводятся специальные форумы с подготовкой на них подробных обзоров [6].

Пусть объект управления описывается дескрипторной системой

$$S\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t),$$
$$Sx(0) = Sx_0, \quad \det S = 0, \qquad (1)$$

с условием регулярности

$$\det[\lambda S - A] \neq 0 \qquad (2)$$

и выходом

$$y(t) = Cx(t). \qquad (3)$$

Условие (2) обеспечивает существование и единственность решения (1) при достаточно гладких управляющих функциях $u(t)$. Основные задачи о нулевой динамике для такой системы можно решать путем приведение регулярного пучка $\lambda S - A$ к канонической форме Вейерштрасса [3, 4], или используя возможность нормализации системы линейной обратной связью по производной.

Определение 1. Система (1) с квадратной матрицей S называется нормализуемой, если существует обратная связь по производной, т.е. матрица F, такая что матрица $S - BF$ невырождена.

Из определения следует, что условия нормализации сводятся к условиям разрешимости соответствующего матричного уравнения, которые могут быть записаны в достаточно разных формах [2, 4, 5].

Для нормализуемых дескрипторных систем можно использовать все результаты по качественной теории управления обыкновенными линейными системами при условии хорошей обусловленности матрицы S – BF.

Для многовходных и многовыходных дескрипторных систем удобнее при исследовании нулевой динамики использовать вторую эквивалентную форму из [4] и ее модификацию из [2]. т.е.

$$S = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \breve{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & A_{13} & A_{14} \\ 0 & I_2 & 0 & 0 \\ A_{31} & 0 & 0 & 0 \\ A_{41} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \ddot{B} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \\ I_3 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин А.В., Коровин С.К., Фомичев В.В. Методы робастного обращения динамических систем. М.: Физматлит, 2011.
2. Ivan K. Asmykovich On Finding Zero Dynamics for Descriptor Systems // 13th International scientific technical conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – 39281 Proceedings APEIE – 2016 In 12 Volumes V. 1 Part 3 Novosibirsk 2016 3-6 октября 2016 г. P.116 – 119.
3. Асмыкович И.К. О синтезе наблюдателей для дескрипторных систем с неопределенностью // «Динамические системы: устойчивость, управление, оптимизация»: материалы Межд. научной конф. посвященной 100-летию со дня рождения академика Е.А. Барбашина. Минск, 24- 29сентября 2018 г.). БГУ.: редкол. Ф.М. Кириллова (гл. ред) и др.– Минск: БГУ, 2018. – с. 61-63.
4. Feng Yu, Yagoubi M. Robust Control of Linear Descriptor Systems Publisher: Springer Singapore Mar 2017
5. Berger T., T. Reis Regularization of linear time-invariant differential-algebraic systems // Systems & Control Letters, V. 78, April 2015, P. 40-46
6. Ilchmann A., Reis T. Surveys in Differential-Algebraic Equations I - III Differential-Algebraic Equations Forum. Berlin, Heidelberg, Springer, 2013 - 2015.