

Поскольку $I^+(y_0) = \emptyset$, то условие регулярности GRMF выполнено. Отметим, что ни одно из известных условий регулярности [1-4] в данном примере не выполняется.

Можно показать, что, кроме условия MFCQ, GRMF заведомо выполняется при выполнении условия [2] и является одной из реализаций общих условий регулярности [5], из которых его выделяет конструктивный характер и возможность проверки его выполнения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Mangasarian O.L., Fromovitz, S.// J. Math. Analysis and Appl. 7(1967), pp. 37-47.
- 2 Janin R.// Mathematical Programming Study 21 (1984), pp. 110-126.
- 3 Andreani R., Martinez J.M., Schverdt M.L.// J. Optimiz. Theory and Appl., 125 (2005), pp. 473-485.
- 4 Minchenko L., Stakhovski S.// Optimization (to appear 2009).
- 5 Penot J.-P. // J. Optimiz. Theory and Appl. 48 (1984), pp. 459-468.

УДК 62-50

А.А. Якименко, канд. физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск)

РЕАЛИЗАЦИЯ ОДНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА

Рассмотрим линейную стационарную управляемую систему нейтрального типа с соизмеримыми запаздываниями:

$$\dot{x}(t) - \sum_{j=1}^N D_j \dot{x}(t-jh) = \sum_{j=0}^N (A_j x(t-jh) + B_j u(t-jh)), \quad t > 0, \quad (1)$$

$$(D_j \in R^{n \times n}; A_j \in R^{n \times n}; B_j \in R^{n \times r}, j = 0, 1, \dots, N; N \in N, h > 0)$$

или в операторной форме

$$p(I_n - D(e^{-ph}))x(t) = A(e^{-ph})x(t) + B(e^{-ph})u(t), \quad t > 0, \quad (2)$$

где e^{-ph} — оператор сдвига ($e^{-ph}x(t) \equiv x(t-h)$); $p = \frac{d}{dt}$;
 $D(e^{-ph}) \in R^{n \times n}[e^{-ph}]$, $A(e^{-ph}) \in R^{n \times n}[e^{-ph}]$, $B(e^{-ph}) \in R^{n \times r}[e^{-ph}]$; элемен-

ты $(s \times q)$ -матрицы-функции из $\square^{s \times q}[m]$ есть многочлены степени не выше N , $D(0) = 0$.

Присоединим к системе (1) линейный разностный регулятор со многими запаздываниями по состоянию и управлению:

$$\sum_{j=0}^{\Theta} \varphi_j u(t-jh) = \sum_{j=0}^{\Theta} Q_j x(t-jh), \quad (3)$$

$$(\varphi_j \in R, Q_j \in R^{r \times n}, j = 0, 1, \dots, \Theta; \varphi_0 \neq 0, u(t) \equiv 0, x(t) \equiv 0, t < 0),$$

или в операторной форме

$$\varphi(e^{-ph})u(t) = Q(e^{-ph})x(t),$$

где $\varphi(m) = \sum_{j=0}^{\Theta} \varphi_j m^j \in R[m]$, $Q(m) \in R^{r \times n}[m]$.

В работе [1] получено достаточное условие экспоненциальной стабилизируемости системы (1) регулятором вида (3).

Теорема 1. Для стабилизируемости системы (1) регулятором (3) достаточно, чтобы все корни уравнения

$$\det K(m) \stackrel{\text{def}}{=} \phi(m) = 0, \quad m \in C, \quad (4)$$

лежали вне круга $|m| \leq 1$.

Здесь матрица $K(m)$ строится по параметрам уравнения (1).

Наличие в левой части (3) запаздываний по управлению существенно усложняет его реализацию. Предполагается, что все корни многочлена $\phi(m)$, $m \in C$ лежат вне круга $|m| \leq 1$. Представим многочлен $\phi(m)$, $m \in C$ в виде:

$$\phi(m) = (m - m_1)^{k_1} \times \dots \times (m - m_s)^{k_s} \cdot \left((m - a_1)^2 + b_1\right)^{l_1} \times \dots \times \left((m - a_p)^2 + b_p\right)^{l_p},$$

Справедлива

Теорема 2. Уравнение (3) разрешимо относительно $u(t)$ в виде линейной обратной связи вида

$$u(t) = \sum_{j=0}^{\infty} Q_j x(t - jh),$$

где $\|u(t)\| \leq M \|x(t)\|$, $t > 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1 Марченко, В. М. О построении конструктивных стабилизирующих регуляторов для систем с запаздывающим аргументом нейтрального типа / В. М. Марченко, А. А. Якименко. // Дифференциальные уравнения. – 2007. – Т.43, № 11. – С. 1480 – 1486.

УДК 62-50

И.К. Асмыкович, доц., к-т физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск)
**УПРАВЛЕНИЕ ПО ТИПУ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
В ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ**

В последние годы наблюдается некоторый ренессанс по рассмотрению задач качественной теории управления для обыкновенных линейных систем

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) \quad (2)$$

Ранее считалось, что для них все основные вопросы рассмотрены и решены в 70-80 годы двадцатого века. Но выяснилось, что ряд стандартных задач, как-то задача стабилизации линейной системы обратной связью по выходу, задача робастной стабилизации, задача одновременной стабилизации набора систем являются невыпуклыми и NP-сложными. Это означает, что эффективных способов их решения нет и быть не может, если под эффективным понимать такой который приводит к точному решению (если оно существует) с произвольной точностью за «разумное» время [1]. В ведущих научных журналах стали регулярно появляться работы по управляемости, наблюдаемости, стабилизации обыкновенных линейных систем, новых методах их решения и новым задачам. Коллектив под руководством В.Н. Букова предложил новый метод решения матричных уравнений и на его основе рассмотрел многие задачи линейной теории управления, объединив эти результаты в монографии [2]. Эти методы можно использовать в теории дескрипторных систем [3].

Отметив, что множество устойчивых линейных систем невыпукло в пространстве параметров, авторы [1] ввели понятие сверхус-