

Оказывается, условия 1 и 2 в определении могут быть противоречивыми, и тогда необходимы обобщения понятия относительного порядка. Аналогичные проблемы возникают и для многовходных дескрипторных систем.

Библиографические ссылки

1. Коровин С.К., Фомичев В.В. Наблюдатели состояния для линейных систем с неопределенностью. М.: Физматлит, 2009.
2. Lapeto A., Kuzmicki I., Asmykovich I. Synthesis of Control Systems with Delay by the Embedding Theory on the Basis of Approximation of Delay // Journal of Control, Automation and Electrical Systems. 2017. Vol. 28, I.3. P. 297–302.
3. Duan G.R. Analysis and design of descriptor linear systems. Springer, 2010.
4. Асмыкович И.К. Об оценках минимального числа входов для дескрипторных систем // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: V Межд. науч.-практ.конф. Междуреченск, 6.04.2016. Кемерово. с. 180–181.
5. Asmykovich Ivan K. On Finding Zero Dynamics for Descriptor Systems // 13TH International scientific technical conference on actual problems of electronic instrument engineering. Proceedings APEIE. In 12 Vol. V.1. Part 3. Novosibirsk, October 3–6, 2016. P. 116–119.

ОЦЕНЩИКИ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ С КВАЗИДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

А.И. Астровский¹, И.В. Гайшун²

¹ Белорусский государственный экономический университет
Партизанский пр. 26, 220070 Минск, Беларусь
aastrov@tut.by

² Институт математики НАН Беларуси
Сурганова 11, 220072 Минск, Беларусь

При исследовании эволюции во времени динамической системы, а также для построения управлений типа обратной связи необходимо уметь определять вектор состояния системы исходя из ее выходной функции [1]. Способ определения вектора состояния системы, основанный на вычислении производных (или квазипроизводных) выходных функций $y(t)$, трудноприменим из-за множества нежелательных последствий. Поэтому ниже рассматривается подход к задаче оценивания n -вектора состояний линейной нестационарной системы

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t), \quad y(t) = c(t)x(t), \quad t \in T = \mathbb{R}_+, \quad (1)$$

основанный на построении такой динамической системы

$$\dot{w}(t) = A(t)w(t) + k(t)(y(t) - c(t)w(t)), \quad (2)$$

называемой наблюдателем [2], [3] (оценщиком, эстиматором, идентификатором), решение $w(t)$ которой сходится к состоянию $x(t)$ исходной системы для любых начальных состояний в следующем смысле: $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - w(t)\| = 0$.

В данной работе для систем наблюдения (1) со скалярным выходом на основе метода канонических форм [4] развит метод асимптотического оценивания состояний. В основе разрабатываемого подхода лежит понятие равномерной наблюдаемости, которое распространено [4] на системы с квазидифференцируемыми выходными функциями. Конструктивный метод построения оценщиков состояний (2) линейных нестационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений основан на квазидифференцируемости коэффициентов по специально построенной нижнетреугольной матрице. Получены условия существования экспоненциального наблюдателя. Подход на основе техники квазидифференцирования позволяет существенно ослабить известные требования гладкости коэффициентов при построении оценщиков состояний.

Показано, что равномерная наблюдаемость эквивалентна аппроксимативной наблюдаемости, т.е. возможности с помощью разрешающих операций [1] в виде δ_m -последовательностей сколь угодно точно оценивать текущее состояние системы без квазидифференцирования выходной функции.

Семейство всех непрерывных функций, обладающих непрерывными квазипроизводными [4] относительно заданной матрицы P , обозначим через $C_P^m(T)$. Пусть $\sigma \in T$. Определим линейный функционал $\Delta_\sigma = {}^0_P\Delta_\sigma$ на $C_P^m(T)$ равенством $\Delta_\sigma(w) = p_{00}(\sigma)w(\sigma)$, а его квазипроизводные ${}^j_P\Delta_\sigma$ зададим соотношениями

$${}^j_P\Delta_\sigma(w) = (-1)^j ({}^j_P w(\sigma)) \quad (j = 1, 2, \dots, m).$$

Легко заметить, что отображение Δ_σ является аналогом хорошо известной дельта-функции Дирака δ_σ , сосредоточенной в точке σ , в которую оно и превращается, когда матрица $P(t)$ единична.

Для любого решения $x(t)$ системы (1) и соответствующего ему выхода $y(t)$ выполняется равенство $Y(t) = S^{(q)}(t)x(t)$, где $S^{(q)}(t)$ — матрица наблюдаемости [4], а $Y(t)$ — столбец, образованный элементами ${}^0_P y(t), {}^1_P y(t), \dots, {}^q_P y(t)$.

Свойство аппроксимативной наблюдаемости позволяет сколь угодно точно оценивать состояние $x(t)$, при этом знание производных выходного сигнала не требуется. Операция квазидифференцирования выходного сигнала $y(t)$ переносится на функции $\delta_m(t)$, которые могут быть выбраны заранее, а значит заранее вычислены и их производные (в отличие от производных выходной функции, которые необходимо определить в процессе наблюдения).

Доказано, что система (1) аппроксимативно наблюдаема тогда и только тогда, когда она равномерно наблюдаема.

Библиографические ссылки

1. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968.
2. Wolovich W.A. On state estimation of observable systems // Preprint NASA Electronics Research Center. Cambridge. 1968. P. 110–220.
3. Гайшун И.В. Об асимптотическом оценивании состояний линейных нестационарных систем со скалярным выходом // Труды Института математики и механики УрО РАН. 2006. Т. 12. № 2. С. 47–52.
4. Астровский А.И., Гайшун И.В. Линейные системы с квазидифференцируемыми коэффициентами: управляемость и наблюдаемость движений. Минск: Беларус. навука, 2013.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ГИБКОГО РОТОРА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКАХ

Д.В. Баландин¹, Р.С. Бирюков^{1,2}, М.М. Коган²

¹ ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Гагарина 23, 603950 Нижний Новгород, Россия
dbalandin@yandex.ru

² ННГАСУ, Ильинская 65, 603950 Нижний Новгород, Россия
ruslan.biryukov@gmail.com, mkogan@nngasu.ru

Рассматривается гибкий вертикальный ротор, вращающийся в двух (верхнем и нижнем) электромагнитных подшипниках. Динамика такого ротора описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
 \ddot{\alpha}_1 - \mu_0 \ddot{y} &= -4\mu_0 u_1 + \lambda \Delta \alpha + \varepsilon \Delta \dot{\alpha} - \rho_0 \bar{\omega} \dot{\beta}_1 - \varepsilon \bar{\omega} \Delta \beta + w_1, \\
 \ddot{\alpha}_2 + \mu_0 \ddot{y} &= 4\mu_0 u_2 - \lambda \Delta \alpha - \varepsilon \Delta \dot{\alpha} - \rho_0 \bar{\omega} \dot{\beta}_2 + \varepsilon \bar{\omega} \Delta \beta + w_2, \\
 \ddot{\beta}_1 + \mu_0 \ddot{x} &= 4\mu_0 u_3 - \lambda \Delta \beta - \varepsilon \Delta \dot{\beta} + \rho_0 \bar{\omega} \dot{\alpha}_1 - \varepsilon \bar{\omega} \Delta \alpha + w_3, \\
 \ddot{\beta}_2 - \mu_0 \ddot{x} &= -4\mu_0 u_4 + \lambda \Delta \beta + \varepsilon \Delta \dot{\beta} + \rho_0 \bar{\omega} \dot{\alpha}_2 + \varepsilon \bar{\omega} \Delta \alpha + w_4, \\
 \ddot{x} + (\ddot{\beta}_1 - \ddot{\beta}_2)/8 &= u_3 + u_4 + w_5, \\
 \ddot{y} + (\ddot{\alpha}_2 - \ddot{\alpha}_1)/8 &= u_1 + u_2 + w_6,
 \end{aligned} \tag{1}$$