Ученый секретарь Миренкова Л.К.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ
ИНН 00108199710223
Г. БИШКЕК Ш.

ISSN 2311-908X

«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ»

XXI-я Международная научная конференция

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Липецк, 2015

Научное партнерство «Аргумент»
Российская ассоциация содействия науке
Технологический университет Таджикистана
Казахский Национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
Институт международного бизнеса и коммуникации
МАТИ — Российский государственный технологический
университет им. К.Э. Циолковского
Липецкое региональное отделение Общероссийской общественной организации
«Российский союз молодых ученых»
Научно-исследовательский центр «Аксиома»
Молодежный парламент Липецкой области

XXI-я Международная научная конференция

«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ»

Россия, г. Липецк, 23 октября 2015 г.

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Ответственный редактор:
А.В. Горбенко

Научное партнерство «Аргумент»
Липецк, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление

Секция 2. Машиностроение и машиноведение, материаловедение

Секция 3. Электротехника, энергетика, электроника, радиотехника и связь, транспорт

Осмонова Р.Ч., Оморов Т.Т.
Osmonova R.Ch., Omorov T.T.

Синтез импульсной характеристики управляемого объекта

Synthesis of the Pulse Characteristic the Operated Object

Национальная академия наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызстан
National Academy of Science, Bishkek, Kyrgyzstan

Рассматривается задача идентификации стационарного управляемого объекта по экспериментальным данным, полученным в дискретные моменты времени. Предложена методика построения временной характеристики объекта на основе данных «вход – выход». Приводятся результаты параметрической идентификации импульсной переходной функции (ИПФ), полученные на ее основе.

Ключевые слова: управляемый объект, параметры модели, идентификация, импульсная переходная функция, переходный процесс, уравнения самонастройки параметров, алгоритм идентификации

The problem of identification of the stationary operated object of the experimental data obtained in discrete timepoints is considered. The technique of creation of the temporary characteristic of object on the basis of data "an entrance – an exit" is offered. The results of parametrical identification of the pulse transitional function (PTF) received on its basis are given.

Keywords: the operated object, model parameters, identification, pulse transitional function, transition process, the equations of self-adjustment of parameters, algorithm of identification.

Создание систем автоматизации технологических процессов предполагает построение моделей управляемых объектов. В связи с этим активно разрабатывается теория их идентификации, в рамках которой создан ряд достаточно эффективных методов. В частности, в практике автоматического управления наиболее широко используются методы наименьших квадратов [1, с. 484; 2, с. 37], максимального правдоподобия [3, с. 101], стохастической аппроксимации [3, с. 211], спектрального анализа [4, с. 198], а также градиентные алгоритмы [1-3]. Несмотря на это проблема эффективного синтеза моделей объектов управления остается актуальной задачей и в настоящее время. В работе описываются результаты параметрической идентификации импульсной переходной функции (ИПФ) одномерного объекта, на основе алгоритма, предложенного в [5].

Рассматриваетсяодномерный стационарный объект, на входе которого действует единичное ступенчатое входное воздействие $u(t) = 1(t)$. При этом в дискретные моменты времени $t_k = k\Delta t$ на его выходе получены значения переходного процесса $y^*(t)$:

$$y^*(t_k) = y_k^*, \qquad k = \overline{0,N}, \tag{1}$$

где Δt – шаг дискретизации; $(N+1)$ – количество дискретных точек.

Задача состоит в том, чтобы по данным наблюдения (1) определить импульсную переходную функцию (ИПФ) объекта. Как известно, для линейной стационарной системы функциональная связь между ее выходной переменной и входным воздействием при нулевых начальных условиях определяется выражением[1]:

$$y(t) = \int_0^t w_1(\tau)\, u_1(t-\tau) d\tau. \tag{2}$$

Пусть переходный процесс представлен в следующей параметрической форме:

$$y(t) = \sum_{i=0}^{n} c_i \varphi_i(t), \tag{3}$$

где функции

$$\varphi_i(t) = e^{-it}, \qquad i = \overline{0,n}; \tag{4}$$

c_i– неизвестные пока параметры, составляющие µ=n-мерный вектор $c = [c_1, c_2, \dots, c_n]$. Далее предполагается, что $c_0 = y^*(N\Delta t)$ - установившееся значение переходного процесса ($c_0 = const$).

В случае, когда входной сигнал является ступенчатым $(u(t) = 1(t))$, а переходный процесс $y(t)$ задается в форме (3), ИПФ объекта с учетом (2) определяется в явном виде:

$$w_1(t) = \dot{y}_1(t) = \sum_{i=1}^{n} k_i \varphi_i(t), \tag{5}$$

где $k_i = -ic_i$.

Проведем дискретизацию функции $y(t)$:

$$y_k = y(k\Delta t) = \sum_{i=0}^{n} c_i \varphi_i(k\Delta t), \qquad k = \overline{0,N}, \tag{6}$$

где $\varphi_i(k) = e^{-ik\Delta t}$.

В каждый момент времени $t = t_k$ между соответствующими значениями рядов (1) и (6) существуют невязки (ошибки идентификации):

$$e_k = e(k) = y_k - y_k^*, \quad k = \overline{0,N}. \tag{7}$$

Для оценки качества идентификации будем использовать следующую штрафную функцию:

$$E_1 = E_1(c) = \sum_{k=0}^{N} e_k^2, \qquad (8)$$

которая определяет суммарную квадратическую ошибку.

Теперь проблема идентификации объекта состоит в определении такого вектор – параметра $c = c^* = [\, c_1^*, c_2^*, \dots, c_n^*]$, обеспечивающего минимум штрафной функции $E_1 = E_1(c)$:

$$\min_{c \in R^{\mu}} E_1(c) = E(c^*), \qquad (9)$$

гдеR^{μ} – μ-мерное вещественное арифметическое пространство.

Для решения экстремальной задачи (9) в [5] предложен новый алгоритм. В соответствии с этим алгоритмом решение задачи (9) сводится к решению следующей системы уравнений:

$$\dot{c}_i(t) = \gamma_i \beta_i(t) E_1(t), \qquad i = \overline{1, n}, \qquad (10)$$

где γ_i – отрицательные числа; $\beta_i(t)$ – функции, определяемые формулой:

$$\beta_i(t) = 2 \sum_{k=0}^{N} e_k(t) \varphi_i(k).$$

При этом показано, что установившиеся решения c_i^* $(i = \overline{1, n})$ системы уравнений (10):

$$\lim_{t \to \infty} c_i(t) = c_i^*, \qquad i = \overline{1, n}, \qquad (11)$$

являются искомыми элементамивектор – параметра c^* , т.е. $c^* = [c_1^*, c_2^*, \dots, c_n^*]$.

Таким образом, в результате идентификации искомаяИПФ объекта имеет вид:

$$w_1(t) = \sum_{i=1}^{n} k_i^* \varphi_i(t), \qquad (12)$$

где $k_i^* = -i c_i^*$.

Для иллюстрации изложенной процедуры идентификации рассмотрим следующийпример.

Пусть экспериментальные данные, определяющие значения переходного процесса $y^*(t)$на выходе объекта в дискретные моменты времени с шагом $\Delta t = 0.5c$.представлены в табл. 1 (N=10).

Таблица 1

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k\Delta t$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
$y_k^*(k)$	0	0.46	0.68	0.811	0.885	0.93	0.96	0.975	0.985	0.99	0.994

Непрерывная модель неизвестного объекта представляется в форме (3):

$$y(t) = c_0 + c_1\varphi_1(t) + c_2\varphi_2(t) + c_3\varphi_3(t) + c_4\varphi_4(t), \tag{13}$$

где n=4; c_0 =0.994;

$$\varphi_i(t) = e^{-it}, \qquad i = \overline{1,4}.$$

При этом вектор – параметр выбранной модели $c = [c_1, c_2, c_3, c_4]$.

Выполним дискретизацию непрерывной функции $y(t)$ в точках $t_k = k\Delta t$:

$$y_k = y(k) = \sum_{i=1}^{4} c_i\varphi_i(k), \qquad k = \overline{0,10}, \tag{14}$$

где $\varphi_i(k) = e^{-ik\Delta t}$, $i = \overline{0,4}$.

Далее определяем невязки:

$$e_k = y_k - y_k^* = \sum_{i=1}^{4} c_i\varphi_i(k) - y_k^*, \qquad k = \overline{0,10},$$

и штрафную функцию:

$$E_1(t) = \sum_{k=0}^{10} e_k^2(t). \tag{15}$$

Функции$\beta_i(t)$ имеют вид:

$$\beta_i(t) = 2\sum_{k=0}^{10} e_k(t)\varphi_i(k), i = \overline{1,4}. \tag{16}$$

Алгоритм самонастройки параметров модели, обеспечивающий минимизацию штрафной функции $E_1(t)$, определяется следующими уравнениями [5]:

$$\begin{aligned}
\dot{c}_1(t) &= \gamma_1 \beta_1 E_1(t),\\
\dot{c}_2(t) &= \gamma_2 \beta_2 E_1(t),\\
\dot{c}_3(t) &= \gamma_3 \beta_3 E_1(t),\\
\dot{c}_4(t) &= \gamma_4 \beta_4 E_1(t).
\end{aligned} \qquad (17)$$

Для решения системы (17) использован программный комплекс Matlab[6], при следующих значениях параметров:

γ_1=-900, γ_2=-900, γ_3=-2000, γ_4=-2000

и начальных условиях ($t_0 = 0$):

$$c_1(0) = 0, c_2(0) = 0, c_3(0) = 0, c_4(0) = 0.$$

Динамика самонастройки компонентов вектора $c = [c_1, c_2, c_3, c_4]$ в процессе идентификации показана на рис.1-4.

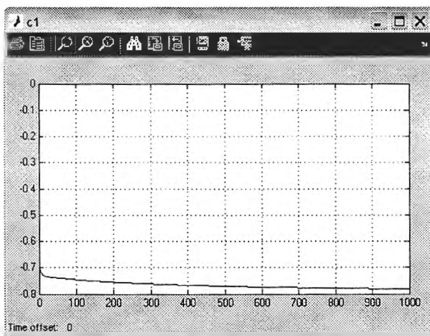

Рис. 1. Динамика параметра c_1

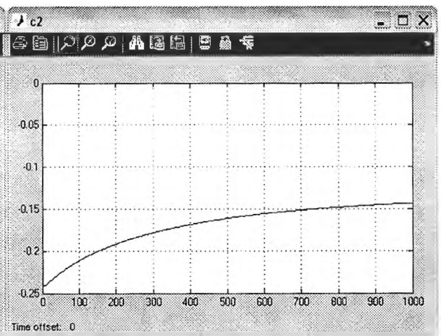

Рис. 2. Динамика параметра c_2

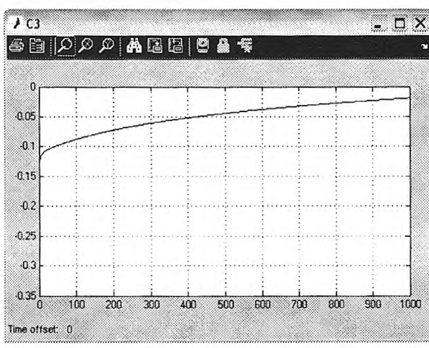

Рис. 3. Динамика параметра c_3

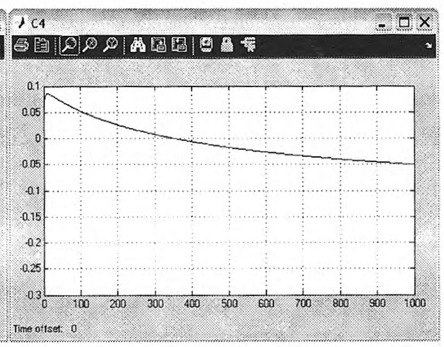

Рис. 4. Динамика параметра c_4

Как видно из графиков установившимися решениями системы (17) являются:

c_1^* =-0.78,c_2^*=-0.143,c_3^* =-0.02, c_4^* =-0.05.

В соответствии с выше изложенным алгоритмом полученный вектор – параметр $c^* = [c_1^*, c_2^*, c_3^*, c_4^*]$=[-0.78,-0.143,-0.02, -0.05] является решением задачи идентификации модели объекта (9).

Таким образом, с учетом (5) искомая ИПФ имеет вид:

$$w_1(t) = \sum_{i=1}^{4} k_i \varphi_i(t), \quad (18)$$

где коэффициенты k_i имеют следующие численные значения:

k_1 =0.78, k_2 =0.286, k_3 =0.06, k_4 =0.2.

Для оценки качества идентификации в табл. 2 приведены исходные экспериментальные данные из табл. 1 и результаты, полученные в конце процедуры построения модели объекта.

Таблица 2

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k\Delta t$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
y_k^*	0	0.46	0.68	0.811	0.885	0.93	0.96	0.975	0.985	0.99	0.994
y_k	0	0.459	0.691	0.818	0.892	0.935	0.961	0.977	0.986	0.991	0.995
e_k	0	-0.001	0.011	0.007	0.007	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001

Полученный в результате идентификации объекта переходный процесс *y(t)* и динамика штрафной функции показаны соответственно на рис. 5, 6.

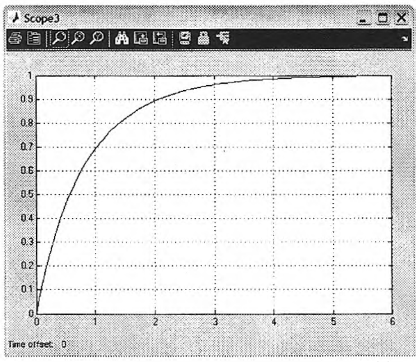

Рис. 5. Переходный процесс *y(t)*

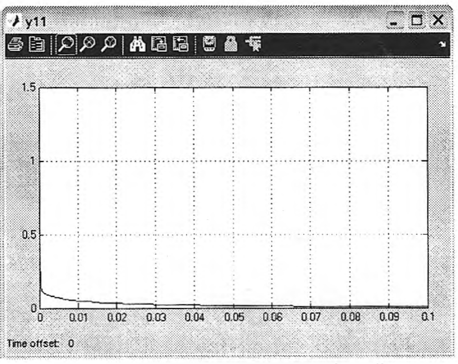

Рис. 6. Динамика штрафной функции $E_1(t)$

Анализ результатов решения иллюстративного примера показывает, что на основе предложенногоподхода можно построить достаточно эффективные процедуры параметрической идентификации динамических характеристик одномерных управляемых объектов. Подход позволяет обобщение на многомерные стационарные объекты управления.

Литература

1. Методы классической и современной теории автоматического управления. В 5-ти томах. Т2: Статическая динамика и идентификация систем автоматического управления / Под ред. Пупкова К.А, Егупова Н.Д. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. -646с.

2. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2009.– 136 с.

3. Сейдж Э.П., МелсДж.Л. Идентификация систем управления. – М.: Наука, 1974. -248с.

4. Солодовников В.В., Дмитриев А.Н., Егупов Н.Д. Спектральные методы расчета и проектирования систем управления. – М.: Машиностроение, 1986. – 440 с.

5. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т., Осмонова Р.Ч. К проблеме идентификации модели управляемой системы по экспериментальным данным // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2015. №6(18). URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2245 (дата обращения: 26.08.2015).

Авторы

Оморов Туратбек Турсунбекович, д-р технич.наук, член-корреспондент Национальной академии наук КР, г. Бишкек, Кыргызстан. Сфера научных интересов: принцип гарантированной динамики систем автоматического управления, параметрическая идентификация. Связь с автором: omorovtt@mail.ru.

Осмонова Рима Чынарбековна, соискатель, Национальная академия наук КР, ст.преподаватель Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан. Сфера научных интересов: параметрическая идентификация систем автоматического управления. Связь с автором: r.osmonova@mail.ru.