

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АПЕРИОДИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А.М. Шубладзе, А.Д. Модяев, С.В. Федоров, С.И. Кузнецов

Предложены различные способы решения задач идентификации параметров аperiodических объектов, основанные на формировании различного рода управляющих идентифицирующих воздействий. Решены задачи для объектов, поведение которых с достаточно высокой точностью аппроксимируется моделью, представляющей собой n последовательно соединенных инерционных звеньев с постоянной времени T_1 и одно инерционное звено с постоянной времени T_2 , которая существенно больше T_1 .

Ключевые слова: объект, идентификация, идентифицирующее воздействие, производная, интеграл.

ВВЕДЕНИЕ

Решение задач идентификации параметров динамических объектов в общем случае, когда оцениваются все параметры дифференциального уравнения, описывающего поведение объекта, рассматривались, например, в работах [1, 2]. Но, как правило, заранее практически неизвестен не только порядок дифференциального уравнения объекта, но и его частотные характеристики, от которых зависит способ формирования идентифицирующих сигналов, позволяющих решать задачи оценивания параметров. В работе [3] был рассмотрен упрощенный метод решения задачи идентификации, в соответствии с которым оцениваются не все параметры дифференциального уравнения, а лишь параметры динамической модели, характеризующей поведение объекта. Однако его применение в конкретных практических задачах вызывает определенные трудности из-за недостаточной точности оценивания.

В настоящей работе рассматриваются способы решения задачи идентификации параметров динамической модели аperiodических объектов, отличающиеся высокой точностью приближения динамических характеристик модели к характеристикам объекта.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Будем решать задачу идентификации для объектов, поведение которых определяется динамической моделью в виде последовательно соеди-

ненных одинаковых инерционных звеньев с постоянной времени T_1 и одного инерционного звена с постоянной времени T_2 , которая существенно больше T_1 :

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)^n (T_2 p + 1)}, \quad T_2 > 10 T_1. \quad (1)$$

Передаточной функцией (1) с высокой точностью может аппроксимироваться поведение многих динамических объектов в атомной энергетике, теплоэнергетике, химии и нефтехимии, перерабатывающей промышленности и др., поэтому идентификация параметров T_1 , n , T_2 и k_0 может иметь большое практическое значение при построении современных систем управления.

Параметры модели (1) оцениваются при нулевых начальных условиях идентифицируемого объекта путем подачи на его вход идентифицирующего управляющего воздействия и следующих предположениях.

Предположение 1. Динамика изменения выходного сигнала $x(t)$ объекта на начальном участке переходного процесса в интервале времени

$$0 < t < (n - 1) T_1 \quad (2)$$

с достаточно высокой точностью описывается моделью вида

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)^n T_2 p}. \quad (3)$$

Предположение 2. Динамика изменения производной $x'(t)$ выходного сигнала $x(t)$ объекта на за-



вершающей фазе переходного процесса, когда составляющие движения $x(t)$, вызванные инерционностями с постоянной времени T_1 , затухли и само движение определяется инерционностью с постоянной времени T_2 , и когда

$$|x'(t)| < 0,7|x'(t_{\max|x'|})|, \quad (4)$$

где $t > t_{0,7|x'|}$, а $t_{\max|x'|}$ — момент времени, в который величина $|x'(t)|$ достигает своего максимального значения, может быть описана моделью первого порядка

$$W(p) = \frac{1}{T_2 p + 1} \quad (5)$$

при нулевом управляющем воздействии и ненулевом начальном условии в момент $t = t_{0,7\max|x'|} > t_{\max|x'|}$, равном $x'(t_{0,7\max|x'|}) = 0,7x'(t_{\max|x'|})$. Коэффициент 0,7 в условии (4) выбран произвольно и, вообще говоря, может принимать значения в диапазоне от 0,4 до 0,7. Брать значение больше 0,7 нежелательно, так как это может сказаться на точности оценивания параметров T_2 и k_0 , а брать его меньше 0,4 также нежелательно, так как это может существенно увеличить время идентификации тех же параметров.

Исходя из сделанных предположений, можно показать, что алгоритм вычисления оценок параметров T_1 , n , T_2 и k_0 сводится к двум независимым процедурам идентификации параметров T_1 и n , учитывая предположение (1), и параметров T_2 и k_0 , учитывая предположение (2).

2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Рассмотрим различные способы оценивания параметров модели (1), предполагающие использование идентифицирующих управляющих воздействий различного вида.

Способ 1 основан на решении задачи идентификации путем подачи ступенчатого управляющего воздействия. В силу предположения 1 передаточная функция тракта от входного идентифицирующего сигнала $u(t)$ до производной $x'(t)$ выходного сигнала объекта $x(t)$ имеет вид

$$W_{u \rightarrow x}(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)^n T_2}, \quad (6)$$

а соответствующий ей переходной процесс при ступенчатом воздействии и нулевых или близких к нулевым начальных условиях на объекте иденти-

фикации в силу предположения 1 определяется выражением

$$x'(t) = \frac{\Delta u k_0}{T_2} \left(1 - \left(1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{t^i}{i! T_1^i} \right) e^{-\frac{t}{T_1}} \right), \quad (7)$$

где Δu — ступенчатое воздействие. Отсюда следует, что вторая производная выходного сигнала объекта

$$x''(t) = \frac{\Delta u k_0 t^{n-1}}{T_2 (n-1)! T_1^n} e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad (8)$$

а ее экстремум будет в тот момент, когда

$$x'''(t) = \frac{\Delta u k_0 ((n-1)t^{n-2} - t^{n-1}/T_1)}{T_2 (n-1)! T_1^n} e^{-\frac{t}{T_1}} = 0. \quad (9)$$

Отсюда получаем, что максимальное значение $|x''(t)|$ наступает в момент

$$t = t_{\max|x''|} = (n-1)T_1 \quad (10)$$

и равно, как следует из формулы (8),

$$A = \frac{|\Delta u| k_0 t_{\max|x''|}^{n-1}}{T_2 (n-1)! T_1^n} e^{-\frac{t_{\max|x''|}}{T_1}}. \quad (11)$$

Для определения параметров T_1 и n с учетом выражения (9) достаточно воспользоваться, например, зависимостью

$$\frac{t_{0,5\max|x''|}}{t_{\max|x''|}} = \alpha_{n1} = f(n). \quad (12)$$

Можно показать, что функция $f(n)$ монотонно возрастающая и стремится к 1 при $n \rightarrow \infty$. Поэтому функция (12), где $t_{0,5\max|x''|} < t_{\max|x''|}$ — момент времени, в который $|x''(t)|$ первый раз становится равным 0,5A, т. е.

$$A_{0,5} = 0,5A = \frac{|\Delta u| k_0 t_{0,5\max|x''|}^{n-1}}{T_2 (n-1)! T_1^n} e^{-\frac{t_{0,5\max|x''|}}{T_1}}, \quad (13)$$

может быть построена для различных значений n путем моделирования переходных процессов в модели (3) при ступенчатом входном воздействии с последующей обработкой реакции на это воздействие в соответствии с выражениями (11)—(13). Результаты такой обработки приведены в табл. 1, из которой видно, что зависимость $\alpha_{n1} = f(n)$ монотонно возрастает с ростом n .

Таблица 1

Зависимость $\alpha_{i1} = f(n)$

n	3	6	10	15	23
α_{i1}	0,3684	0,5482	0,6674	0,7264	0,7835

Из приведенной таблицы видно, что зависимость $\alpha_{i1} = f(n)$ монотонно возрастает с ростом n .

При решении практических задач идентификации параметров модели (1) реально можно использовать определенные параметрами введенные ранее функции $x(t)$, $x'(t)$ и $x''(t)$. В частности, для оценивания параметра n достаточно воспользоваться функцией $x''(t)$, определив соответствующее ей значение α_{i1} (12). Полученное значение α_{i1} в силу монотонности функции $\alpha_{i1} = f(n)$ позволяет однозначно оценить n , если будет известна обратная функция $n = f_{\text{обр}}(\alpha_{i1})$. По значениям табл. 1, такая функция может быть построена с помощью какой-либо аппроксимирующей функции.

Если, например, взять точки табл. 1, то искомая обратная функция $\hat{n}_1 = f_{\text{обр}}(\alpha_{i1})$, аппроксимируемая с помощью дробно-рациональной функции второго порядка, имеет вид

$$\hat{n}_1 = \frac{1 + 4,754\alpha_{i1} - 9,183\alpha_{i1}^2}{2,981 - 4,738\alpha_{i1} + 2,8981\alpha_{i1}^2}. \quad (14)$$

Но $\hat{n}_1$ здесь не является, вообще говоря, целым числом, поэтому в качестве оценки порядка n модели (1) следует брать ближайшее к $\hat{n}_1$ целое число, т. е.

$$n_{\text{оц1}} = \begin{cases} n_1, & \text{если } 0 \leq \hat{n}_1 - n_1 < 0,5, \\ n_2, & \text{если } 0,5 \leq \hat{n}_1 - n_1 < 1. \end{cases} \quad (15)$$

При известном значении $n_{\text{оц1}}$ (15) оценку T_1 можно получить из формулы (10):

$$T_{\text{оц1}} = \frac{t_{\max|x''|}}{n_{\text{оц1}} - 1}. \quad (16)$$

Оставшиеся неизвестными параметры T_2 и k_0 оцениваются с помощью функции $x'(t)$ на основании предположения 2 при $t > t_{\max|x''|}$. Наиболее простой и естественной оценкой параметра T_2 в этом случае служит разность времен

$$T_{\text{оц2}} = t_{0,258\max|x'|} - t_{0,7\max|x'|}, \quad (17)$$

где $t_{0,7\max|x'|}$ — время достижения уровня $0,7\max|x'(t)|$ при $t > t_{\max|x''|}$, $t_{\max|x''|}$ — время, когда $|x''(t)|$ достигает

своего максимума, $t_{0,258\max|x'|}$ — время достижения уровня

$$0,258\max|x'(t)| = 0,7\max|x'(t)|e^{-1} \quad (18)$$

при $t > t_{0,7\max|x'|}$.

Зная $T_{\text{оц2}}$, значение k_0 с учетом передаточной функции (5) оценивается формулой

$$k_{\text{оц0}} = \Delta x / \Delta u, \quad (19)$$

где

$$\Delta x = x(t') - x(0) + \int_{t'}^{\infty} x'(t) dt = x(t') - x(0) + \int_{t'}^{\infty} x'(t') e^{-t'/T_2} dt = x(t') - x(0) + T_{\text{оц2}} x'(t'), \quad (20)$$

где $t' > t_{0,258\max|x'|}$, $x(0)$ — значение выходного сигнала объекта в момент подачи идентифицирующего воздействия Δu .

Покажем эффективность рассмотренного способа идентификации на примере, в котором передаточная функция идентифицируемого объекта имеет вид

$$W_{\text{об}}(p) = \frac{1}{(2p+1)^2(3p+1)^2(4p+1)^2(5p+1)^2(50p+1)}. \quad (21)$$

Реакция объекта (21) на единичное ступенчатое воздействие показана на рис. 1.

В результате решения задачи идентификации параметров модели объекта с передаточной функцией (21) по способу 1, используя выражения (14)–(20), получили модель, передаточная функция которой

$$W_{\text{м1.об}}(p) = \frac{0,99656}{(3,4216p+1)^8(49,8747p+1)}. \quad (22)$$

Реакция модели (22) на единичное ступенчатое воздействие показана на графике рис. 2, а на рис. 3 — разность переходных процессов, представленных на рис. 1 и 2.

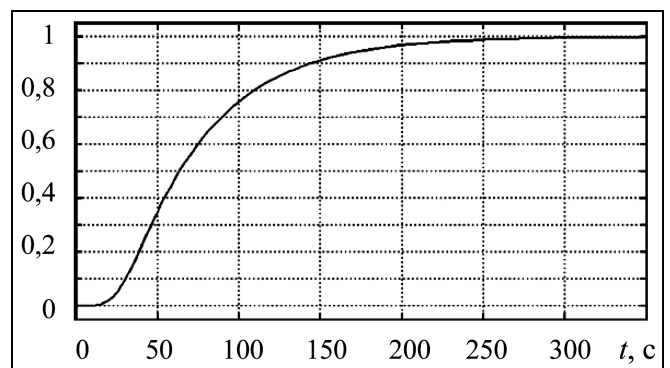


Рис. 1. Реакция объекта с передаточной функцией (21) на единичное ступенчатое воздействие

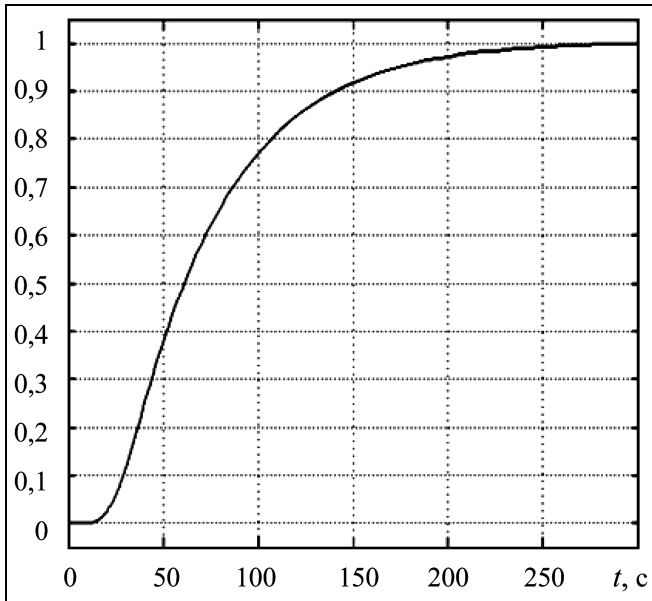


Рис. 2. Реакция модели с передаточной функцией (22) на единичное ступенчатое воздействие

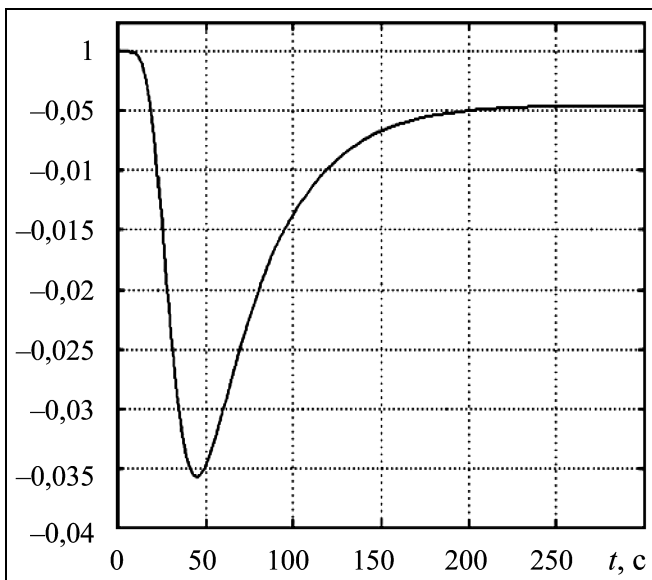


Рис. 3. Разность переходных процессов, представленных на рис. 1 и 2

Из приведенных графиков (см. рис. 1—3 следует, что рассмотренный способ идентификации позволяет оценивать параметры динамической модели (1), переходный процесс в которой практически совпадает с тем же переходным процессом в идентифицируемом объекте. Недостатки этого способа:

— в алгоритме идентификации используется вторая производная выходного сигнала объекта идентификации, достаточно качественную оценку которой в некоторых случаях получить довольно сложно;

— сравнительно большое время получения оценок, соизмеримое со временем переходного процесса.

Далее будет рассмотрен способ идентификации, свободный от первого из указанных недостатков.

Способ 2. Основан на решении задачи с помощью импульсно-ступенчатого идентифицирующего воздействия

$$u_{\text{ид}}(t) = u_{\text{имп}}(t) + u_c(t), \quad (23)$$

где

$$u_{\text{имп}}(t) = \begin{cases} u_{\text{имп}} & \text{при } 0 < t \leq t_{\text{имп}}, \\ 0 & \text{при } t > t_{\text{имп}} \end{cases} \quad (24)$$

— импульсная составляющая идентифицирующего воздействия;

$$u_c(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0, \\ u_c \neq 0 & \text{при } t > 0 \end{cases} \quad (25)$$

— постоянная составляющая идентифицирующего воздействия. В выражениях (23)—(25)

$$|u_{\text{имп}}| \gg |u_c| \text{ и } \int_0^{t_{\text{имп}}} |u_{\text{имп}}| dt = 1. \quad (26)$$

В силу предположения 1 и условий (26) на этапе идентификации параметров n и T_1 , т. е. интервале (2), передаточная функция по тракту от входного идентифицирующего сигнала $u_{\text{ид}}(t)$ к выходному сигналу объекта совпадает с передаточной функцией (6), т. е. $W_{u \rightarrow x}(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)^n T_2}$, поэтому остаются справедливыми формулы (7) и (8), которые принимают вид:

$$x(t) = \frac{u_{\text{имп}} k_0}{T_2} \left(1 - \left(1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{t^i}{i! T_1^i} \right) e^{-\frac{t}{T_1}} \right), \quad (27)$$

$$x'(t) = \frac{u_{\text{имп}} k_0 t^{n-1}}{T_2 (n-1)! T_1^n} e^{-\frac{t}{T_1}}. \quad (28)$$

Экстремум функции (28) достигается в момент

$$t = t_{\max|x'|} = (n-1)T_1, \quad (29)$$

а максимальное значение модуля этой функции

$$A = \frac{|u_{\text{имп}}| t_{\text{имп}} k_0 t_{\max|x'|}^{n-1}}{T_2 (n-1)! T_1^n} e^{-\frac{t_{\max|x'|}}{T_1}}. \quad (30)$$

Таблица 2

Зависимость $\alpha_{i2} = f(n)$

n	3	6	10	15	23
α_{i2}	0,4020	0,5454	0,6309	0,7396	0,7888

Для определения параметров n и T_1 с помощью выражения (30), как и в способе 1, достаточно вначале для некоторых значений n модели (3) при управлении (23)—(25) построить таблицу, аналогичную табл. 1, а затем по ней построить обратную функцию

$$\hat{n}_2 = f_{\text{обр}}\left(\frac{t_{0,5\max|x'|}}{t_{\max|x'|}}\right) = f_{\text{обр}}(\alpha_{i2}). \quad (31)$$

Для тех же значений n в модели (3), что и в способе 1, значения отношения $\frac{t_{0,5\max|x'|}}{t_{\max|x'|}} = \alpha_{i2}$ приведены в табл. 2. Они получены при $u_{\text{имп}} = 1000$, $t_{\text{имп}} = 0,08$ и $u_c = 1$ (24). Видно, что зависимость $\alpha_{i2} = f(n)$ монотонно возрастает с ростом n , а искомая обратная функция (31), аппроксимируемая с помощью дробно-рациональной функции второго порядка, имеет вид

$$\hat{n}_2 = \frac{-27,5003\alpha_{i2}^2 - 20,1297\alpha_{i2} + 1}{-6,2950\alpha_{i2}^2 + 10,0288\alpha_{i2} - 3,8969}, \quad (32)$$

или с учетом того, что оценка n в модели (3) — целое число,

$$n_{\text{оц2}} = \begin{cases} n_1, & \text{если } 0 \leq \hat{n}_2 - n_1 < 0,5, \\ n_2, & \text{если } 0,5 \leq \hat{n}_2 - n_2 < 0. \end{cases} \quad (33)$$

При известном значении $n_{\text{оц2}}$ оценка параметра T_1 получается из формулы (29):

$$T_{\text{оц1}} = \frac{t_{\max|x'|}}{n_{\text{оц2}} - 1}. \quad (34)$$

Оценка параметра T_2 в отличие от аналогичной оценки по способу 1 вычисляется после второго экстремума функции $x'(t)$, которого в способе 1 не было и который вызван постоянной составляющей идентифицирующего сигнала (23), (25). Обозначим значение второго экстремума через $A_{\text{экс2}}$, а время его достижения через $t_{\text{экс2}}$. Оценка параметра T_2 принимает вид

$$T_{\text{оц2}} = t_{0,258\text{экс2}} - t_{0,7\text{экс2}}, \quad (35)$$

где $t_{0,7\text{экс2}}$ — время достижения уровня $0,7A_{\text{экс2}}$ при $t > t_{\text{экс2}}$, $t_{0,258\text{экс2}}$ — время достижения уровня $0,258A_{\text{экс2}}$ при $t > t_{0,7\text{экс2}}$.

При известной оценке (35) оценка $k_{\text{оц0}}$ с учетом передаточной функции (5), как и в способе 1, определяется формулой, аналогичной формуле (19):

$$k_{\text{оц0}} = [x(t_{0,258\text{экс2}}) - x(0) + T_{\text{оц2}}x'(t_{0,258\text{экс2}})]/u_c, \quad (36)$$

где $x(0)$ — значение выходного сигнала объекта в момент подачи идентифицирующего воздействия, u_c — постоянная составляющая идентифицирующего сигнала (23), (25).

Эффективность рассмотренного способа идентификации также покажем на примере объекта с передаточной функцией (21), реакция которого на единичное воздействие показана на рис. 1.

В результате решения задачи идентификации параметров модели объекта с передаточной функцией (21) по способу 2, учитывая выражения (32)—(36), получили модель, передаточная функция которой

$$W_{\text{м2.об}}(p) = \frac{0,9958}{(4,0382p + 1)^7(51,7399p + 1)}. \quad (37)$$

Реакция модели (37) на единичное ступенчатое воздействие показана на рис. 4, а на рис. 5 — разность переходных процессов, представленных на рис. 1 и 4.

Из приведенных на рис. 1, 4 и 5 графиков следует, что способ 2 позволяет оценивать параметры динамической модели (1), переходной процесс в которой также практически совпадает с тем же переходным процессом в идентифицируемом объекте, хотя для решения рассматриваемой задачи использовалась только информа-

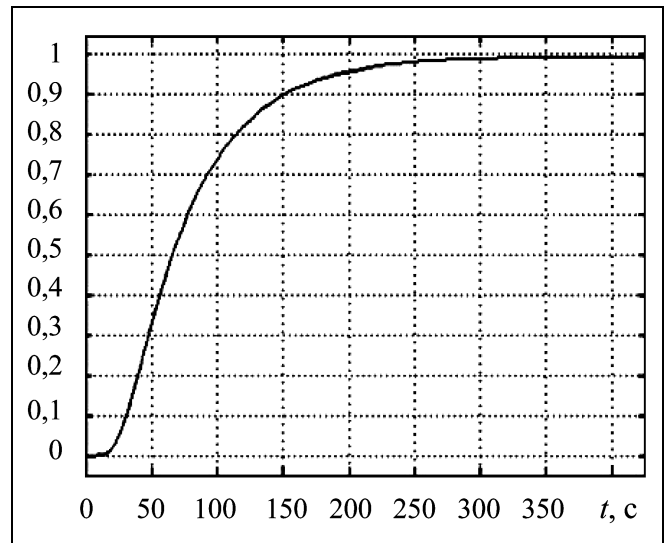


Рис. 4. Реакция модели с передаточной функцией (37) на единичное ступенчатое воздействие

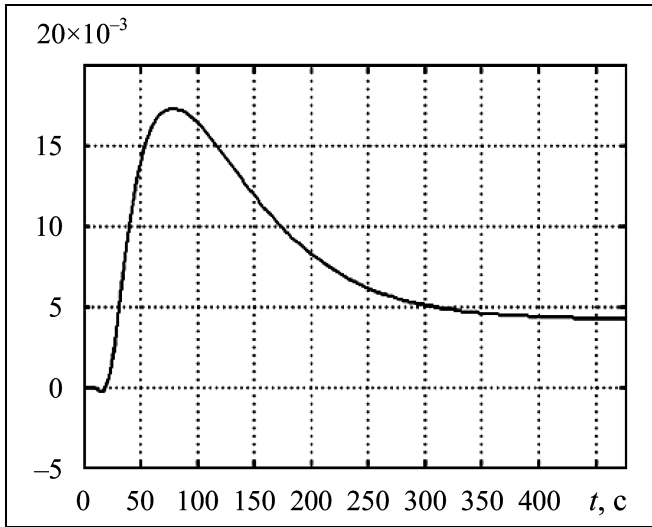


Рис. 5. Разность переходных процессов, представленных на рис. 1 и 4

ция о выходном сигнале объекта и его первой производной. К недостаткам этого способа, как и способа 1, следует отнести сравнительно большое время получения оценок, соизмеримое с временем переходного процесса в идентифицируемом объекте. Далее будет рассмотрен способ идентификации, свободный от указанного недостатка.

Способ 3. Основан на решении задачи с помощью импульсного идентифицирующего воздействия

$$u_{\text{ид}}(t) = \begin{cases} u_{\text{имп}} & \text{при } 0 < t \leq t_{\text{имп}}, \\ 0 & \text{при } t < 0, t > t_{\text{имп}} \end{cases} \quad (38)$$

при выполнении условия пропорциональной зависимости выходного сигнала идентифицируемого объекта от входного, если входной сигнал не меняется и коэффициент пропорциональности не зависит от значения входного сигнала объекта, т. е.

$$x(t) = k_0 u(t) \quad (39)$$

при любом $u(t) = \text{const}$.

Так же, как и в способе 2, на начальном участке изменения $x(t)$, передаточная функция объекта

$$W_{u \rightarrow x}(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)^n T_2}, \text{ поэтому остаются спра-}$$

ведливыми приведенные для этого случая форму-

$$\int_0^{t_{\text{имп}}} |u_{\text{имп}}| dt = 1 \text{ и } (27) \text{—}(30).$$

Оценки параметров n и T_1 , как и в способе 2, находятся из выражения (30) построением таблицы, аналогичной табл. 2, и с ее помощью вычисле-

нием обратной функции $\hat{n}_2 = f_{\text{обр}}(t_{0,5\max|x'|}/t_{\max|x'}) = f_{\text{обр}}(\alpha_{t2})$.

Таблица строится для тех же значений n , что и в способе 2, значения отношения $(t_{0,5\max|x'|}/t_{\max|x'}) = \alpha_{t3}$ приведены в табл. 3. Они получены при $u_{\text{имп}} = 1000$, $t_{\text{имп}} = 0,06$ (38). С помощью табл. 3 получаем аппроксимирующую дробно-рациональную функцию вида

$$\hat{n}_3 = \frac{-14,92353\alpha_{t3}^2 + 8,5625\alpha_{t3} + 1}{4,6319\alpha_{t3}^2 - 7,2793\alpha_{t2} + 2,7967}. \quad (40)$$

Отсюда

$$n_{\text{оц3}} = \begin{cases} n_1, & \text{если } 0 \leq \hat{n}_3 - n_1 < 0,5, \\ n_2, & \text{если } 0,5 \leq n_2 - \hat{n}_3 < 0. \end{cases} \quad (41)$$

При известном значении $n_{\text{оц3}}$ (40) оценку параметра T_1 можно получить из формулы $t = t_{\max|x'} = (n_{\text{оц3}} - 1)T_{\text{оц1}}$:

$$T_{\text{оц1}} = t_{\max|x'}/(n_{\text{оц1}} - 1). \quad (42)$$

Оценка $k_{\text{оц0}}$ получается из равенства (39):

$$k_{\text{оц0}} = x(t)/u(t). \quad (43)$$

Оценка $T_{\text{оц2}}$ вычисляется из выражений (30) и (43):

$$T_{\text{оц2}} = \frac{|u_{\text{имп}}| t_{\text{имп}} k_0 t_{\max|x'}^{n-1}}{A(n-1)! T_{\text{оц1}}^n} e^{-\frac{t_{\max|x'}}{T_{\text{оц1}}}}. \quad (44)$$

Эффективность способа 3 покажем на примере объекта с передаточной функцией (21).

В результате решения задачи идентификации параметров модели объекта с передаточной функцией (21) по способу 3, учитывая выражения (41)—(44), получили модель, передаточная функция которой

$$W_{\text{м3.об}}(p) = \frac{1,0000}{(2,8096p + 1)^9 (49,7507p + 1)}. \quad (45)$$

Реакция этой модели на единичное ступенчатое воздействие показана на рис. 6, а на рис. 7 — разность переходных процессов, представленных на рис. 1 и 6.

Из приведенных на рис. 1, 6 и 7 графиков следует, что способ 3, не использующий информации о второй

Таблица 3

Зависимость $\alpha_{t3} = f(n)$

n	3	6	10	15	23
α_{t3}	0,3799	0,5445	0,6934	0,7198	0,7838

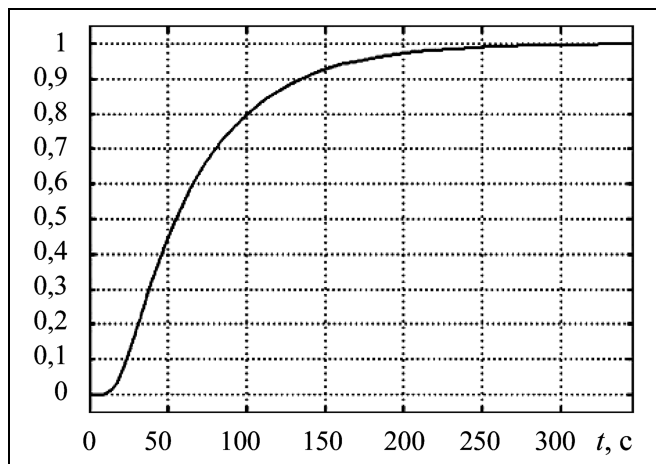


Рис. 6. Реакция модели с передаточной функцией (45) на единичное ступенчатое воздействие

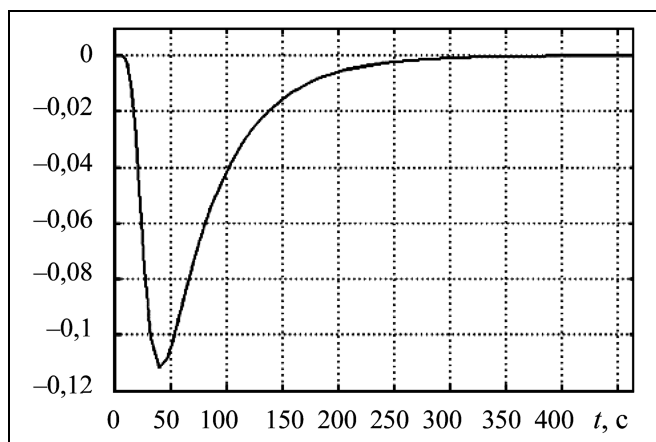


Рис. 7. Разность переходных процессов, представленных на рис. 1 и 6

производной выходного сигнала объекта, позволяет оценивать параметры динамической модели (1), переходный процесс в которой практически совпадает с тем же переходным процессом в идентифицируемом объекте при значительном сокращении времени решения задачи идентификации в сравнении с аналогичным временем в способах 1 и 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для динамических объектов, поведение которых с достаточно высокой точностью аппроксимируется последовательно соединенными n одинаковыми инерционными звеньями с постоянной времени T_1 и одним инерционным звеном с постоянной времени T_2 , которая существенно больше T_1 , решена задача идентификации указанных параметров модели тремя способами. Один из них основан на подаче на объект ступенчатого идентифицирующего воздействия, другой — на подаче импульсно-ступенчатого воздействия и, наконец, третий — на подаче импульсного воздействия. Каждый из этих способов позволяет строить модели объектов, динамические характеристики которых практически совпадают с характеристиками объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайон П. Быстрая идентификация линейных и нелинейных систем // Ракетная техника и космонавтика. — 1967. — Т. 5, № 10. — С. 130–139.
2. Шубладзе А.М. Методы идентификации параметров линейных динамических объектов в шумах // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. — 1977. — № 4. — С. 709–712.
3. Шубладзе А.М., Кузнецов С.И. Автоматически настраивающиеся промышленные ПИ- и ПИД-регуляторы // Автоматизация в промышленности. — 2007. — № 2. — С. 15–17.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.С. Манделем.

Шубладзе Александр Михайлович — д-р техн. наук, зав. лабораторией, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ☎ (495) 334-88-81, ✉ shub@ipu.ru,

Модяев Алексей Дмитриевич — д-р техн. наук, зав. кафедрой, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, ☎ (495) 324-91-15,

Федоров Сергей Вадимович — студент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, ✉ mixlax@gmail.com,

Кузнецов Сергей Иванович — ген. директор, ОАО «НИИТеплоприбор», г. Москва, ☎ (499) 616-56-88.

Новая книга

НОВИКОВ Д.А. Методология управления. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. — 128 с.

(Серия «Умное управление»)

ISBN 978-5-397-02308-5

Сайт проекта «Умное управление» — www.mtas.ru/about/smartman

С позиций системного анализа в логике современных (проектно-технологического и знаниевого) типов организационной культуры изложены основы методологии управления — учения об организации управленческой деятельности. Описаны основания методологии управленческой деятельности, ее характеристики, логическая и временная структура.

Для научных и практических работников, а также студентов, аспирантов и докторантов. В первую очередь — преподавателей вузов для использования при подготовке курсов лекций по теории управления, системному анализу, инновационной деятельности, управлению проектами и т. д.