

Ромм Яков Евсеевич

Таганрогский государственный педагогический институт.

E-mail: romm@List.ru.

347926, г. Таганрог, ул. Инициативная, 48.

Тел: 8634601899.

Кафедра информатики; заведующий кафедрой; д.т.н.; профессор.

Джанунц Гарик Апетович

E-mail: janunts@inbox.ru.

Тел.: +79185069024.

Romm Yakov Evseevich

Taganrog State Pedagogical Institute.

E-mail: romm@List.ru.

48, Initsiativnaya Street, Taganrog, 347926, Russia.

Phone: +7634601899.

The Department of Information; Head the Department; Dr. of Eng. Sc.; Professor.

Dzhanunts Garik Apetovich

E-mail: janunts@inbox.ru.

Phone: +79185069024.

The Department of Information; Postgraduate Student.

УДК 621.391:519.21

Е.В. Моисеева

**АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА
ПО ЕГО ВРЕМЕННОЙ И ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКАМ,
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ НА ТРЕНАЖЕРНОМ СТЕНДЕ**

Представлен метод идентификации реальной переходной характеристики, полученной с помощью учебного тренажерного комплекса "Иерархическая автоматизированная система контроля и управления процессом нагрева". Идентификация является обязательным элементом и наиболее сложной стадией процесса решения прикладных задач. В общем виде задача идентификации заключается в определении оператора объекта, преобразующего входные воздействия в выходные.

Идентификация; транспортное запаздывание; набор инерционных звеньев; учебный тренажерный стенд.

E.V. Moiseeva

**ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF THE INDUSTRIAL OBJECT WITH
ITS CHARACTERISTICS FOR TIME AND FREQUENCY FOR PURPOSES
OF LEARNING ON TRAINING STAND**

Presented a method to identify the actual transfer characteristic obtained through academic training complex, "Hierarchical self-matizirovannaya control and manage the process of heating. Iden-Katsia is a must and the most difficult stage in the process of solving practical problems. In general, the identification problem is to identify the operator of a facility that converts the input actions on the weekend. Identification; distance-velocity lag; set of inertial links; educational training stand.

Identification; distance-velocity lag; set of inertial links; educational training stand.

Задача идентификации динамических объектов по экспериментальным данным является одной из основных задач современной теории автоматического управления. Идентификация является обязательным элементом и наиболее сложной стадией процесса решения прикладных задач. Постоянная необходимость в оптимизации процесса решения практических проблем путем рациональной идентификации стимулирует прогресс теории в классическом направлении. В общем виде задача идентификации заключается в определении оператора объекта, преобразующего входные воздействия в выходные.



Рис. 1. Учебный тренажерный комплекс

Для изучения вопросов проектирования и испытания АСУТП с использованием SCADA-систем разработан учебный тренажерный комплекс “Иерархическая автоматизированная система контроля и управления процессом нагрева” (рис. 1). Объектом управления является замкнутый объем, в котором можно изменять влажность и температуру, имитируя таким образом микроклимат в теплице. Структурная схема учебного стенда представлена на рис. 2.

Сигналы с выхода универсального цифрового датчика поступают в модуль ввода/вывода, в котором программно реализуется алгоритм управления, а цифровой код управления преобразуется в широтно-импульсный сигнал, управляющий подачей питания к – термоэлектронагревателю (ТЭН).

Для идентификации объекта применяется методика, описанная в статье [1], в результате применения которой передаточная функция объекта получается в виде

$$W_{oy}(p) = \frac{K_{oy}}{(Tp + 1)^N (T_{oy}p + 1)}. \quad (1)$$

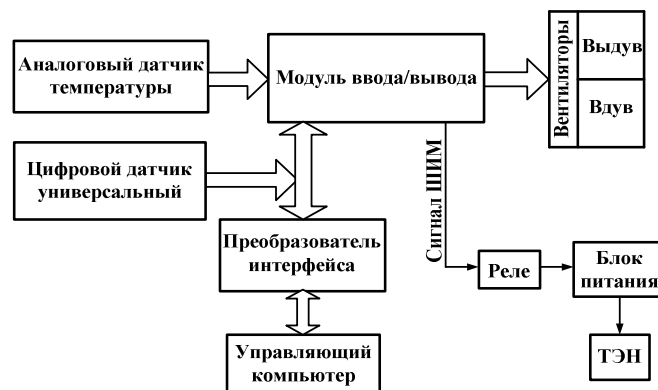


Рис. 2. Структурная схема учебного стенда “Иерархическая автоматизированная система контроля и управления процессом нагрева”

Разгонная характеристика объекта управления: зависимость температуры в замкнутом объеме от времени при включении нагревателя в виде параллельно-последовательного соединения резисторов (рис. 3) на напряжение 24 В.

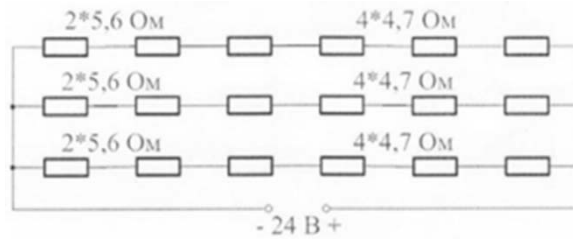


Рис. 3. Схема соединения резисторов

На рис. 4 изображен график этой характеристики, полученный в результате эксперимента. По нему определяются величины начального y_0 и установившегося $y_{уст}$ значений выходного сигнала и время регулирования $t_{рег}$ – время окончания переходного процесса при достижении величины $(1 \pm 0,01)y_{уст}$, т.е. 1% трубки вокруг $y_{уст}$: $y_0 = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$, $y_{уст} = 47,8 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{рег} = 2500 \text{ с}$.

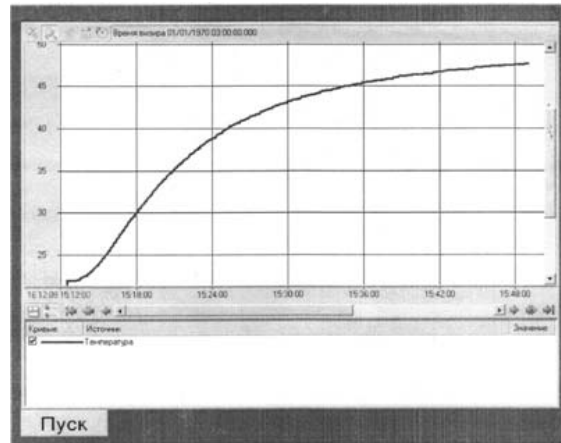


Рис. 4. Разгонная характеристика

По методике описанной в [2], ищем передаточную функцию объекта управления в виде

$$W_{oy}(p) = \frac{K_{oy}}{(T_{oy}p + 1)} e^{-p\tau_{oy}} \quad (2)$$

со следующими параметрами:
коэффициент передачи:

$$K_{oy} = \frac{y_{уст} - y_0}{U_0}, \quad (3)$$

постоянная времени:

$$T_{oy} = 1,25(t_1 - t_2), \quad (4)$$

величина транспортного запаздывания:

$$\tau_{oy} = 0,5(3t_2 - t_1), \quad (5)$$

где t_1 – момент времени, при котором $y(t_1) = 0,7y_{уст}$, t_2 – момент времени, при котором $y(t_2) = 0,33y_{уст}$. Согласно табл. 1, полученной из экспериментальных данных и в соответствии с (3)–(5), передаточная функция имеет вид

$$W_{oy}(p) = \frac{10,75}{(281p+1)} e^{-80p}. \quad (6)$$

Таблица 1

h(t)	Температура, °C	Время, с
0,33h _{уст}	7,8	192
0,7h _{уст}	18,06	417
h _{уст}	26	–

С помощью модели, полученной в пакете Simulink MATLAB для (6), находим частотную характеристику объекта идентификации при подаче на его вход синусоидального сигнала $u(t) = \sin \omega t$ с частотой $\omega = \pi / t_{pez} = 0,0013$ (рис. 5). По этой характеристике определяются запаздывание по фазе $\Delta\varphi = -0,44$ и величина амплитуды $A_y = 10,128$ сигнала $y(t)$ после окончания переходного процесса.

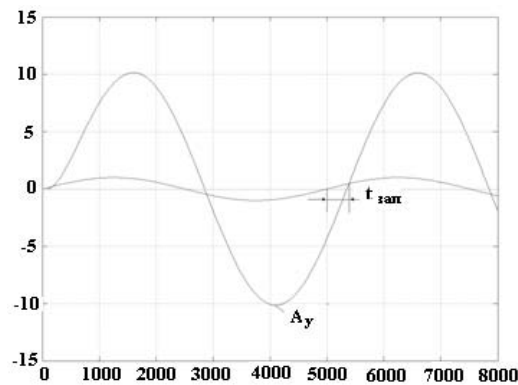


Рис. 5. Частотная характеристика объекта идентификации

С целью определения неизвестных параметров T и N передаточной функции (1) составляем систему алгебраических уравнений для модуля и фазы комплексного коэффициента передачи $W_{oy}(p)|_{p=j\omega}$ (1) с учетом $k_{oy} = 10,75$, $T_{oy} = 281c$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{10,75}{\left(\sqrt{0,0013^2 \times 281^2 + 1} \cdot \left(\sqrt{0,0013^2 T^2 + 1} \right)^N \right)} &= 10,128 \\ -\arctg(0,0013 \times 281) - N \cdot \arctg(0,0013 T) &= 0,44 \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Решение системы алгебраических уравнений (7) в пакете MATLAB должно быть представлено следующим образом:

syms N T

[N,T]=solve(-atan(281*pi/2500)-N*atan(T*pi/2500)+0.44,
-10,128+10,75/(sqrt(281^2*(pi/2500)^2+1)*(sqrt(T^2*(pi/2500)^2+1)^N)).

Результаты решения:

N =5,96136=6; T =13,4239=13,42 с или T =5,96136=5,96 с; N =13,4239=13.

В процессе моделирования выявлено, что оба варианта решения имеют одинаковый результат, но с точки зрения удобства моделирования выбираем первый. Следовательно, передаточная функция (1) примет вид

$$W_{oy}(p) = \frac{10,75}{(13,42p + 1)^6 (281p + 1)}. \quad (8)$$

На рис. 6 показаны полный график (а) и начальный участок (б) реальной разгонной характеристики и переходной характеристики, полученной в результате идентификации. Максимальная величина ошибки идентификации на начальном участке рассмотренных характеристик меньше 0,1, что по отношению к диапазону изменения входного сигнала $y(t)$ составляет менее 0,22 %.

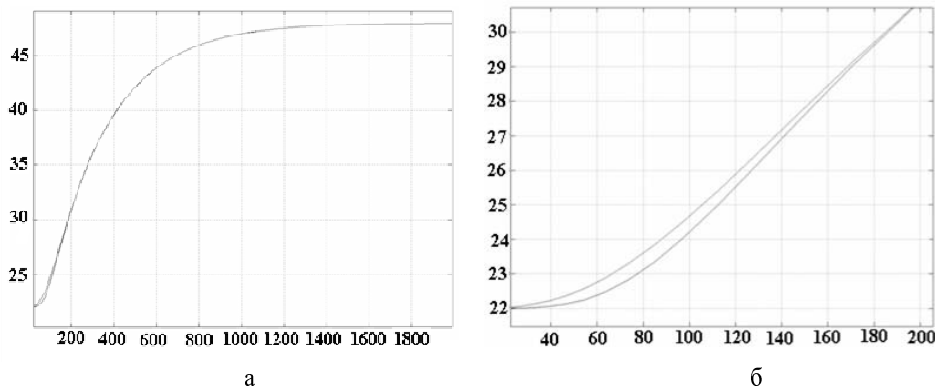


Рис. 6. Полный график (а) и начальный участок (б) разгонной и переходной характеристик

Для более полной оценки эффективности разработанного метода идентификации рассмотрим идентификацию разгонной характеристики, полученной на тренажерном стенде методом замены транспортного запаздывания рядом Паде [4] и метода Симою [3].

Заменяем транспортное запаздывание передаточной функции (6) рядом Паде второго порядка:

$$W(p) = e^{-p\tau} \cong \frac{p^2 - \frac{6}{\tau}p + \frac{12}{\tau^2}}{p^2 + \frac{6}{\tau}p + \frac{12}{\tau^2}}. \quad (9)$$

При этом передаточная функция (6) примет вид

$$W_{oy}(p) = \frac{10,75}{281p + 1} * \frac{p^2 - 0,075p + 0,00188}{p^2 + 0,075p + 0,00188}. \quad (10)$$

В результате применения метода Симою [3] получаем передаточную функцию

$$W_{oy}(p) = \frac{10,75}{982300p^3 + 26060p^2 + 362p + 1}$$

На рис. 7 представлены графики переходных характеристик рассматриваемых методов идентификации. Из этих графиков следует, что наиболее точно приближается к реальной разгонной кривой объекта переходная характеристика, полученная предложенным методом идентификации по временной и частотной характеристикам.

Графики погрешностей идентификации представлены на рис. 8, из которого ясно, что минимальная погрешность 0,22 % – предлагаемого метода идентификации, в то время как у метода Симою – 1,26 %, а у ряда Паде – 1,72 %. Поскольку данный метод дает наименьшую ошибку, его можно рекомендовать для идентификации промышленных объектов.

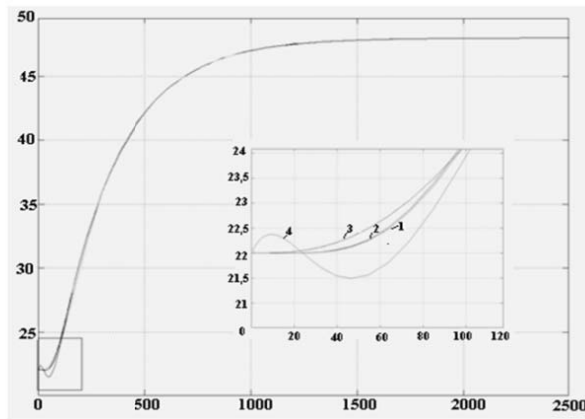


Рис. 7. Переходные характеристики: 1 – реальная; 2 – метода по временной и частотной характеристикам; 3 – метода Симою; 4 – ряда Паде

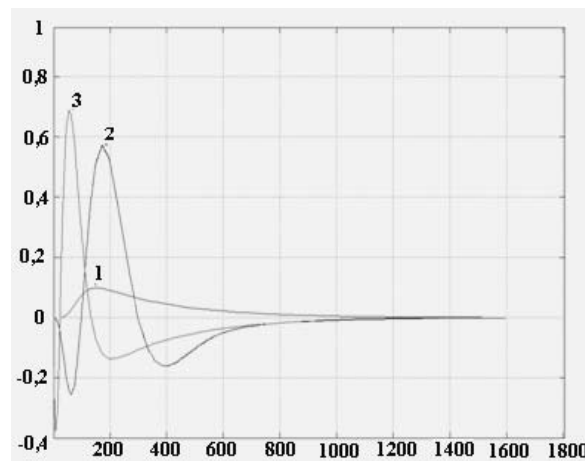


Рис. 8. Погрешность метода идентификации: 1 – по временным и частотным характеристикам; 2 – метода Симою; 3 – ряда Паде

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Пьявченко Т.А.* Метод идентификации промышленного объекта по его временной и частотной характеристикам // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 216-219.
2. Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации производственных процессов: Учебное пособие для вузов по спец. “Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов” / И.К. Петров, Д.П. Петелин, М.С. Тюльпанов и др.; Под ред. И.К. Петрова. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с.
3. *Симою М.П.* Определение коэффициентов передаточных функций по временным характеристикам линеаризованных систем // Автоматика и телемеханика. – 1957. – Т. XVIII, № 6.
4. *Семенов А.Д., Артамонов Д.В., Брюхачев А.В.* Идентификация объектов управления: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 211 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.П. Карелин.

Моисеева Елена Викторовна

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: leskor1986@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371773.

Кафедра систем автоматического управления; соискатель.

Moiseeva Elena Viktorovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: leskor1986@yandex.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371773.

The Department of Automatic Control Systems; Competitor.

УДК 681.3.06:681.323(519.6)

Я.Е. Ромм, А.Н. Голиков

КУСОЧНО-ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ СХЕМА ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ И ОПРЕДЕЛЁННЫХ ИНТЕГРАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ*

Предлагается модификация кусочно-полиномиальной схемы аппроксимации функций с применением к приближённому вычислению определённых интегралов. Отрезок разбивается на подынтервалы, на каждом из которых функция аппроксимируется средним арифметическим полиномом Ньютона для интерполирования вперёд и назад. Аппроксимирующей полином приводится к каноническому виду, первообразная от него применяется для приближённого вычисления определённых интегралов. Число подынтервалов и степень полинома подбираются программно таким образом, чтобы минимизировать абсолютную погрешность аппроксимации подынтегральной функции, что влечет повышенную точность вычисления определённых интегралов. Приводятся сравнительные результаты численных экспериментов.

Кусочно-полиномиальная схема; интерполяция по Ньютону; приближенное вычисление определённых интегралов.

* Работа поддержана грантом РФФИ по проекту № 10-07-00178а от 2010 г.