

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ VISSIM

SOLUTION OF TASKS IDENTIFICATION OF THE OBJECT MANAGEMENT IN THE ENVIRONMENT OF DYNAMIC PROGRAMMING VISSIM

V. Gryzhov
V. Korolkov
E. Gryzhov

Summary. Purpose: Development and implementation of an algorithm for identification of the control object based on experimental data presented in a pulsed form.

Methods: method of iterations of comparison of experimental and theoretical data.

Results: in the dynamic programming environment VisSim developed a software product for the implementation of the algorithm of identification of control objects.

Conclusions: a step-by-step description of the algorithm implementation is given and an example of the proposed method application is given. The results of the development can be used in the design of automated control systems.

Keywords: simulation, algorithm, identification, triangular pulses, transfer function, objective function.

Грызов Владимир Константинович

К.т.н., доцент, Смоленский казачий институт
промышленных технологий и бизнеса (филиал) ФБГОУ ВО
«МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ)»
dombr55@mail.ru

Корольков Владимир Гаврилович

Заведующий лабораторией, Смоленский казачий
институт промышленных технологий и бизнеса
(филиал) ФБГОУ ВО «МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ)»

Грызов Евгений Владимирович

Заведующий лабораторией, Смоленский казачий
институт промышленных технологий и бизнеса
(филиал) ФБГОУ ВО «МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ)»

Аннотация. Цель. Разработка и реализация алгоритма идентификации объекта управления по экспериментальным данным, представленным в импульсной форме.

Методы. Метод итераций сравнения экспериментальных и теоретических данных.

Результаты. В среде динамического программирования VisSim разработан программный продукт для реализации алгоритма идентификации объектов управления.

Выводы. Дано поэтапное описание реализации алгоритма и приведен пример применения предлагаемого метода. Результаты разработки могут быть использованы при проектировании систем автоматизированного управления.

Ключевые слова: имитационное моделирование, алгоритм, идентификация, треугольные импульсы, передаточная функция, целевая функция.

Введение

При проектировании и разработке автоматизированных систем управления (АСУ) необходимо знать динамические свойства объекта управления или его математическую модель (алгоритмическую структуру объекта и значения его параметров). Процесс разработки обобщенной математической модели и определения ее параметров представляет собой структурную и параметрическую идентификацию.

Из практики проектирования систем управления технологическими процессами известно, что существует большой класс объектов управления, которые описываются в виде произведения нескольких апериодических звеньев первого порядка и звена временной задержки, что эквивалентно звену более высокого порядка:

$$W(s) = \frac{k}{T_1 * s + 1} * \frac{1}{(T_2 * s + 1)^n} * \dots * e^{-s\tau} \quad (1)$$

Параметрическая идентификация сводится к определению значений параметров передаточной функции: k , T_1 , T_2 , n , τ .

Материалы и методы

В данной работе для проведения идентификации объекта управления предложен алгоритм вычисления значения целевой функции с использованием экспериментальных данных, представленных в импульсной форме.

В среде динамического программирования VisSim существуют стандартные блоки формирования импульсных сигналов:

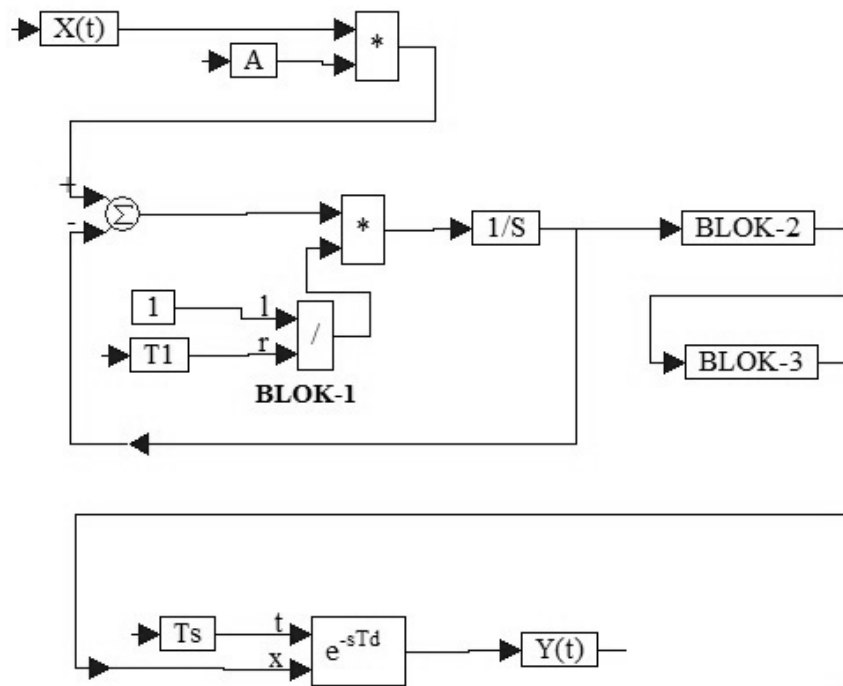


Рис. 1. Модель объекта управления в блочной форме.

- ♦ генератор треугольных импульсов «pulse Train».
- ♦ генератор прямоугольных импульсов и др.

В связи с жестко задаваемыми значениями параметров сигналов, в случае неравномерного временного интервала между импульсами для представления экспериментальных данных эти генератор неприменимы.

Литературный обзор

В данной работе показана возможность представления экспериментальных данных в виде треугольных импульсов соответствующих по амплитудам и моментам времени в среде VisSim. Подробное описание формирования и сложения треугольных импульсов приводится в статьях [1, 2].

В дальнейших исследованиях для вычисления целевой функции процесс сложения импульсов представлен отдельным блоком.

Результаты

Процесс идентификации параметров объекта управления в среде VisSim возможно осуществлять в автоматическом режиме методом итераций сравнения экспериментальных данных и теоретических, полученных путем модуляции единичных импульсов, соответствующих экспериментальным. Модулирующим сигналом

является теоретический график переходного процесса при различных значениях параметров $k, T_1, T_2, n, \tau = T_S$ в процессе итераций.

Для проведения параметрической идентификации объекта управления (1) его модель может быть представлен в блочной форме (рис. 1).

На рисунке: $X(t)$ - входной сигнал; $Y(t)$ - выходной сигнал;

T_1, T_2, T_3, T_S - определяемые переменные;

BLOK1 представлен в раскрытом виде.

Количество блоков в модели объекта определяется в процессе идентификации в зависимости от сложности объекта. Таким образом, предлагаемый алгоритм позволяет проводить одновременно структурную и параметрическую идентификации.

Для примера, рассмотрим идентификацию процесса нагрева камеры электрической муфельной печи ЭКПС-10 с основными характеристиками, представленными в таблице 1.

Управление температурой в камере печи производится изменением входного напряжения, подаваемого на нагревательный блок. При различных значениях

Таблица 1. Технические характеристики ЭКПС-10.

Технические характеристики	ЭКПС-10
Объем рабочей камеры, л.	10,0
Максимальная рабочая температура, °С.	1100
Максимальное время разогрева до рабочей температуры, мин.	90
Мощность, кВт.	2,2
Напряжение сети, В.	220

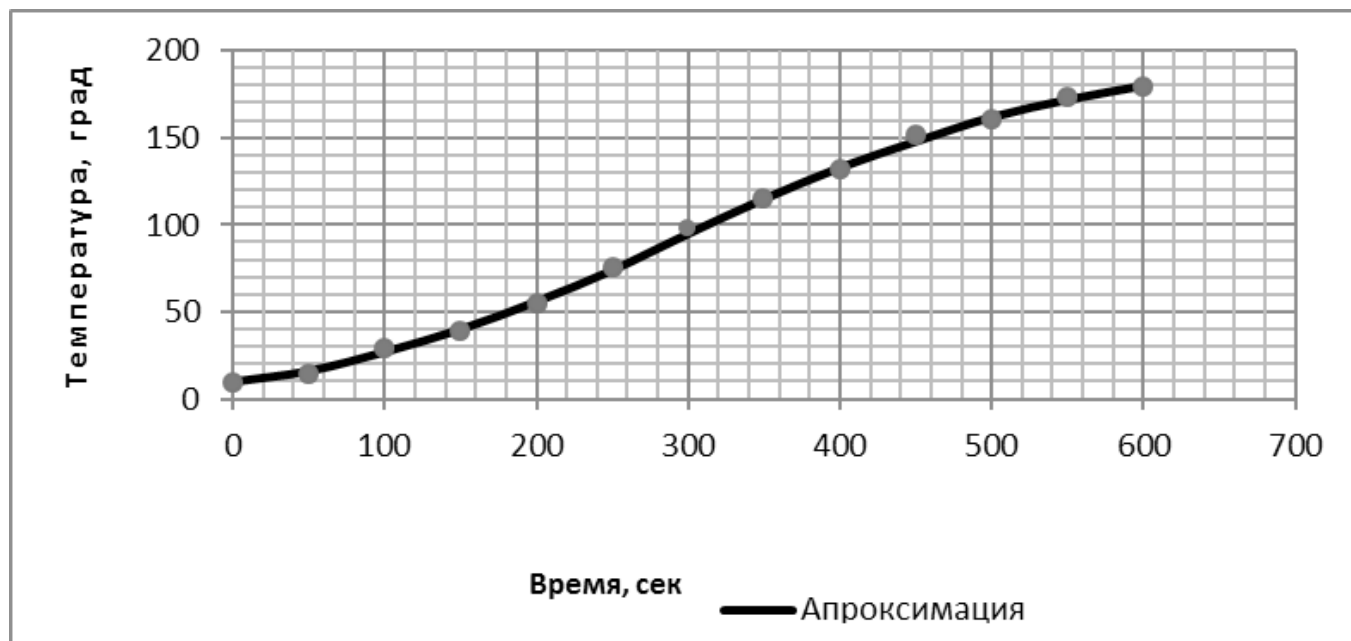


Рис. 2. Результаты эксперимента.

входных ступенчатых сигналов передаточный коэффициент k имеет различные значения, т.е., электрическая печь сопротивления представляет собой нелинейный объект управления.

В данной работе, в качестве входного сигнала используются мощность тока. В этом случае, электрическую печь, как объект управления можно считать линейной.

Для дальнейших исследований был проведен лабораторный эксперимент по нагреву металлического образца в камере печи. Полученные данные были аппроксимированы в среде научных исследований MatLab. Результаты эксперимента приведены на рис. 2:

В качестве измерителя- преобразователя использовалась платинородий- платиновая термопара (ТПП).

Для уменьшения скорости нагрева было задано входное напряжение равным 160 В. При этом, мощность нагревателей имеет значение 1480 Вт. (ступенчатый

входной сигнал), а температура достигает равновесного максимального значения $T_{max} = 752\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По этим данным определяем значение передаточного коэффициента $k = 0,508\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$. в выражении (1).

Из практики известно, что передаточную функцию электрической муфельной печи можно представить в виде произведения двух аperiodических звеньев первого порядка и звена временной задержки.

Первоначально построим графики переходного процесса $Y(t)$ со значениями передаточного коэффициента $k = 0,508\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$, входного сигнала (мощностью) $P = 1480\text{ Вт}$ и произвольными значениями параметров передаточной функции для этой печи: $T_1 = 500\text{ сек.}$, $T_2 = 500\text{ сек.}$, $T_S = 300\text{ сек.}$

На осциллограмме (рис. 3) видно, что график переходного процесса объекта управления не соответствует экспериментальным данным и необходимо провести

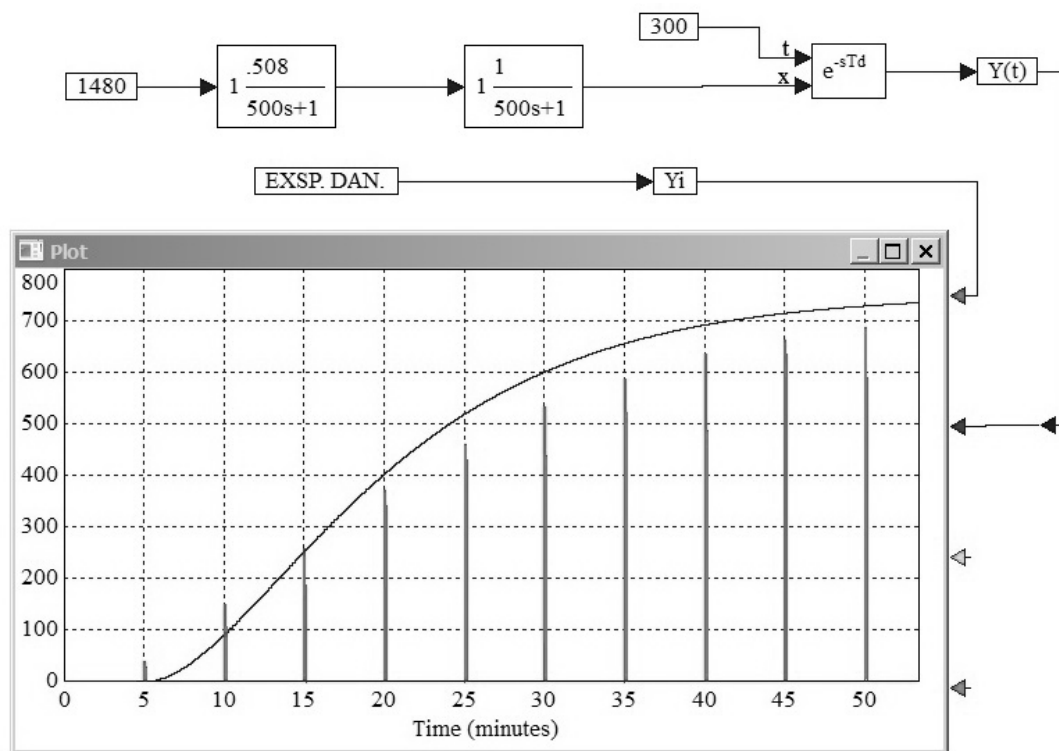


Рис. 3. Сравнение графиков переходного процесса объекта управления с экспериментальными данными.

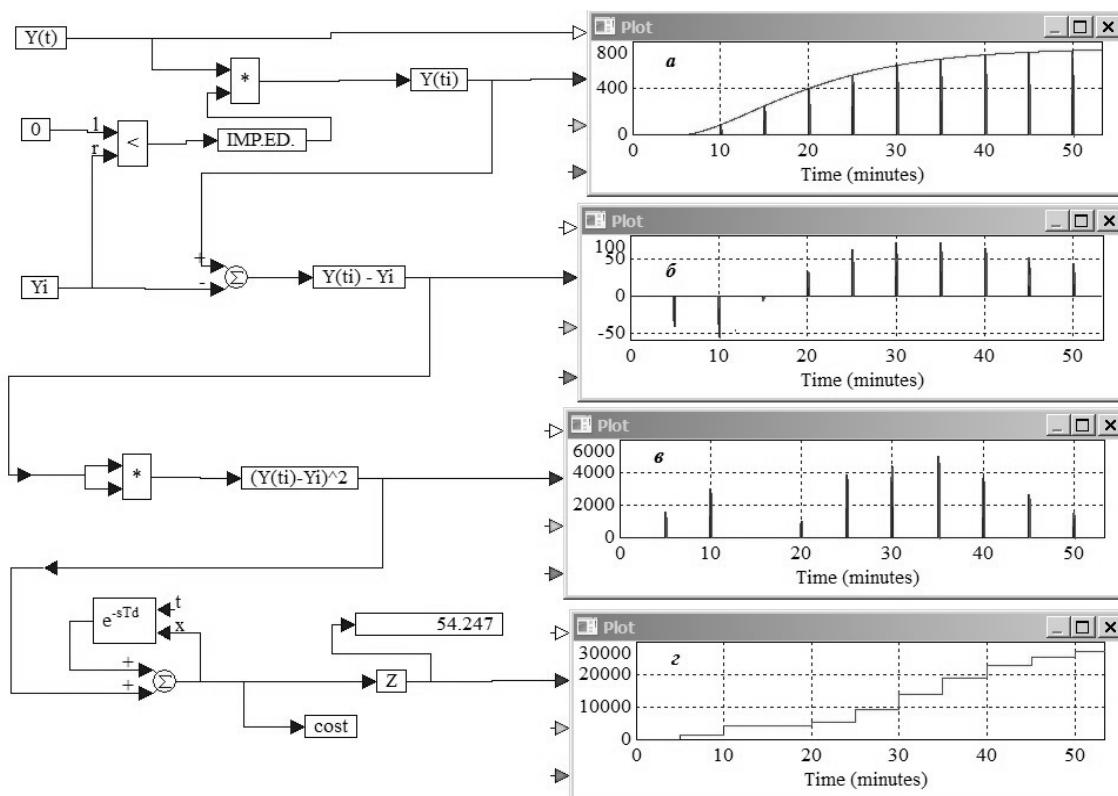


Рис. 4. Результаты вычислений по алгоритму метода наименьших квадратов

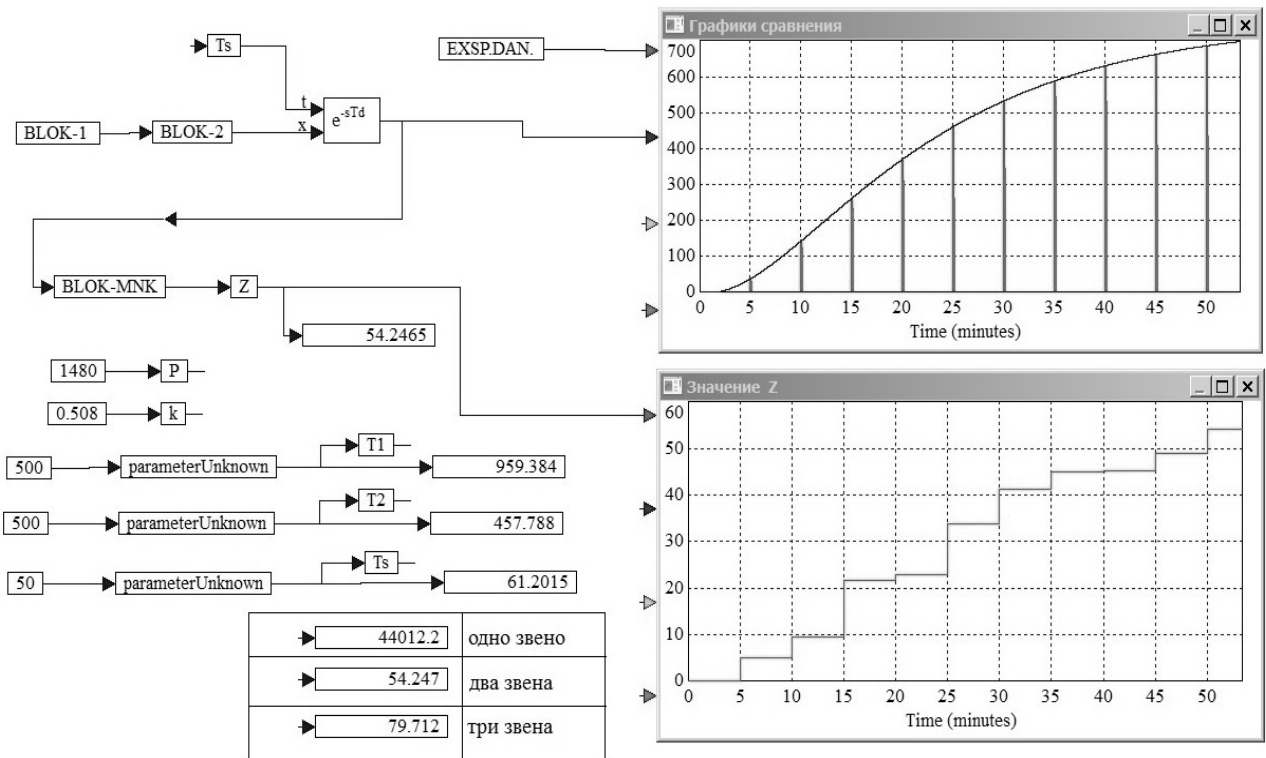


Рис. 5. Результаты параметрической идентификации

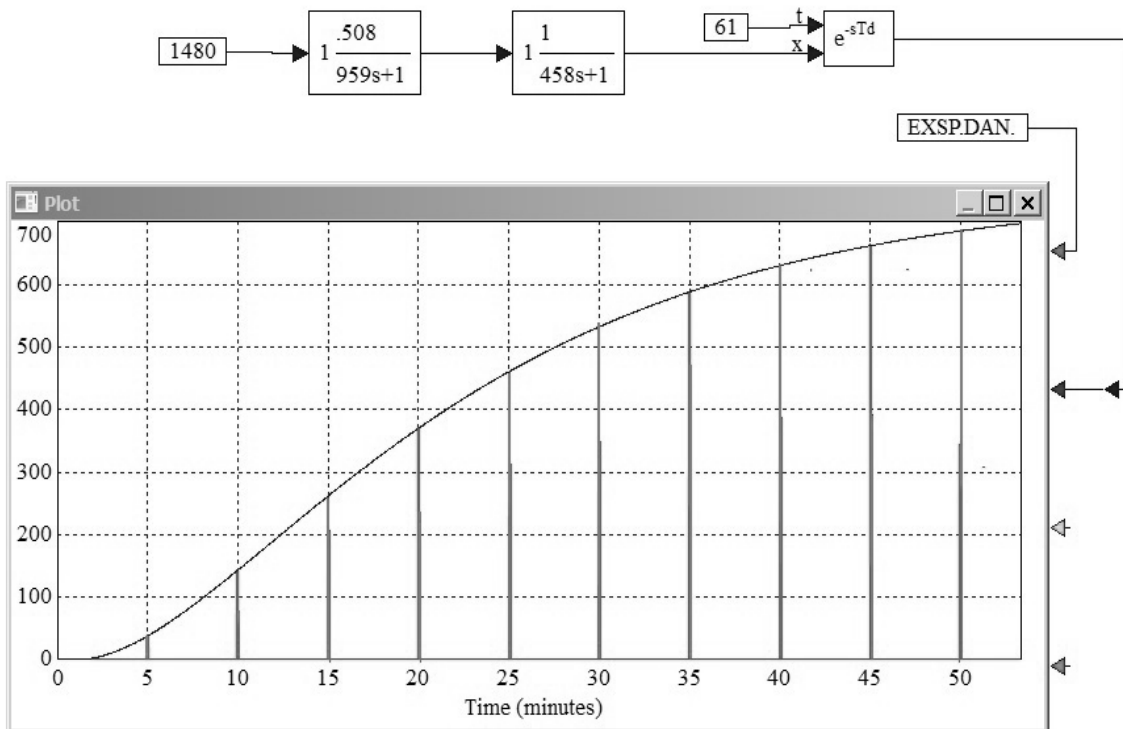


Рис. 6. Результаты параметрической идентификации в форме передаточных функций объекта управления

подбор оптимальных значений параметров передаточной функции, т.е. провести параметрическую идентификацию объекта управления.

Для решения этой задачи стандартный метод наименьших квадратов (MНК) реализуем в среде динамического программирования VisSim.

На рис. 4 представлены результаты работы алгоритма идентификации процесса нагрева в камере муфельной печи:

Экспериментальные данные Y_i преобразовываются в единичные импульсы с использованием логического блока сравнения (<). Далее единичные импульсы с использованием блока умножения (*) модулируются в соответствии с графиком переходного процесса $Y(t)$. На выходе (рис. 4, а) получаются импульсные сигналы $Y(t_i)$, соответствующие графику переходного процесса при заданных значениях параметров передаточной функции.

Затем, выполняются арифметические операции MНК по вычислению значения целевой функции Z :

- ◆ вычисляются разности (абсолютные ошибки) между теоретическими и экспериментальными данными $Y(ti) - Yi$, (рис. 4, б);
- ◆ полученные значения разностей возводятся в квадрат (рис. 4, в);
- ◆ с использованием описанного выше «сумматора с обратной связью» вычисляется сумма квадратов разностей (рис. 4, г).

Стандартный блок (cost) в среде VisSim является датчиком для оптимизаторов, задача которых — автоматический подбор параметров системы в итерационном процессе повторных симуляций. В данной работе этот блок задает свойство целевой функции алгоритму вычисления оптимальных значений параметров передаточной функции объекта управления в автоматическом режиме.

Подбор оптимальных значений параметров передаточных функций проводится в автоматическом режиме.

Алгоритм процесса идентификации объекта управления в виде составных блоков представлен на рис. 5.

где,

EXSP.DAN- экспериментальные данные, представленные в форме треугольных импульсов;

BЛОК.MНК- блок реализации метода наименьших квадратов;

parametrUnknown — стандартный блок «неизвестная». Используется неявными решателями для подстановки в блок-схему подбираемых ими в итерационном процессе значений неизвестных величин. Этот блок

задает набор параметров передаточных функций, подлежащих определению (T_1, T_2, T_3). Начальные значения определяемых параметров зададим исходя из опыта в соответствии с экспериментальными данными: $T_1 = 500, T_2 = 500, T_3 = 50$.

Настройки автоматического режима итераций задаются в меню среды VisSim.

Результаты параметрической идентификации в цифровой и графической формах представлены на рис. 5, а. При сравнении экспериментальной и аппроксимирующей характеристик наблюдается достаточное хорошее их совпадение.

Полученные в результате расчёта оптимальные значения параметров передаточных функций: $k = 0,508^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$., $T_1=959 \text{ сек.}$, $T_2=458 \text{ сек.}$, $T_3=61 \text{ сек.}$

Входной сигнал- мощность $P = 1480 \text{ Вт}$.

На осциллограмме рис. 5, б приводится процесс расчёта значения целевой функции для результирующей итерации. Минимальное значение целевой функции Z , соответствующее расчетным значениям параметров, составляет 54,247.

Затем были проведены расчеты значений целевой функции для передаточных функций объекта управления, включающих одно и три апериодических звеньев первого порядка и звена временной задержки. Результаты приведены в таблице на рис. 5. Из таблицы следует, что для автоматизации муфельной печи с характеристиками, представленными в таблице 1, оптимальный результат идентификации получен при $Z = 54,247$. Таким образом, выбираем передаточную функцию в виде произведения двух апериодических звеньев первого порядка и звена временной задержки и тем самым определяем структуру объекта управления.

На рис. 6 представлен результат параметрической идентификации (зависимость температуры от времени) в форме передаточных функций объекта управления. Значения параметров округлены с точностью до трех знаков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные исследований с использованием в вычислительном алгоритме целевой функции треугольных импульсов показывают приемлемое совпадение данных эксперимента и результатов идентификации в среде динамического программирования VisSim.

Предлагаемый подход к решению задач параметрической и структурной идентификации объектов управления является универсальным и имеет практическое применение в процессе проектирования АСУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грызов В. К., Корольков В. Г. Модель преобразователя сигналов для проектирования гибридных систем управления в среде VisSim. Москва: Автоматизация в промышленности. 2010. № 7. с. 17–19.
2. Gryzhov V. K., Korol'kov V. G., Gryzhov E. V., Akshinsky A. D. Flexible converter of analog signal into discrete digital one with the example of double integration voltmeter // Automation and Remote Control. 2014. Т. 75. № 4. С. 761–766.
3. Корольков В. Г., Грызов В. К., Грызов Е. В. Гибкий преобразователь аналогового сигнала в дискретный цифровой на примере вольтметра следящего уравновешивания. Москва: Автоматизация в промышленности. 2013. № 6. С. 65–68.

© Грызов Владимир Константинович (dombr55@mail.ru),
Корольков Владимир Гаврилович, Грызов Евгений Владимирович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МГУТУ им. К.Г. Разумовского