

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

© Б.И. Пякилля, 2012

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Введение

В теории и практике автоматического управления процессами и объектами важное место занимает задача идентификации динамических элементов и систем. Обычно рассматривается идентификация управляемых объектов. Существует много методов идентификации, направленных на получении соотношений, связывающих входные и выходные сигналы объектов управления. Выбор одного из них зависит от множества факторов, в частности, он связан с формой представления исходных данных, ориентацию на применение ЭВМ, алгоритмическую простоту, достаточно малую трудоемкость вычислений и др. Многие алгоритмы идентификации линеаризованных систем, отражающие классический подход, основаны на вычислении интегралов свертки и поиске решения во временной области [1]. Однако в случае задач значительной размерности возникают трудности поиска решений, связанные с увеличением объема работы и некоторыми другим сопутствующими обстоятельствами [1]. По этой причине стремятся переходить к другому направлению идентификации, базирующемуся на использовании моделей объектов в виде изображений по Лапласу и Фурье. Здесь также имеются свои трудности, особенно проявляющиеся при численном решении задач. Они определены наличием в математических моделях объектов комплексной или мнимой переменной. Такие модели неудобны при расчетах, поэтому переходят к моделям в виде функций вещественной переменной. Такой переход представляет по сути вспомогательный этап, но именно он заметно увеличивает общий объем вычислений. В работе рассматривается подход, сохраняющий ориентацию на модели в области изображений. Новизна состоит в использовании такого метода получения моделей объектов, который приводит к функциям-изображениям с вещественной переменной, что позволяет исключить вспомогательный этап перехода от функций комплексной переменной к функциям с вещественной переменной. Основы подхода, который впоследствии получил название вещественного интерполяционного метода, заложены профессором И.А. Огурком [2]. Ниже приведены минимальные сведения, необходимые для представляемого метода идентификации.

Основы вещественного интерполяционного метода

Для решения задач идентификации в работе принят вещественный интерполяционный метода (ВИМ) [1]. Задача ограничена получением модели объекта в виде передаточной функции по его переходной характеристики, полученной, например, экспериментальным путем. Метод основан на использовании частного случая интегрального преобразования Лапласа, когда комплексная переменная $p = \delta + j\omega$ вырождается в вещественную δ . Формула прямого вещественного преобразования связывает функцию-оригинал $f(t)$ с изображением $F(\delta)$ и имеет вид

$$F(\delta) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-\delta t} dt, \delta \in [C_v, \infty), C_v \geq 1 \quad (1)$$

Главные особенности преобразования состоят в следующем:

- изображения можно получать по лапласовым изображениям $F(p)$ путем формальной замены переменных $p \rightarrow \delta$, если обеспечивается сходимость интеграла в (1); с целью достижения сходимости необходимо выбрать соответствующее значение параметра C_v ; для устойчивых статических объектов можно принять $C_v = 1$;

- имеется понятная возможность перехода от описания объекта в виде непрерывной функции $F(\delta)$ к однозначному дискретному представлению $F(\delta_i), i = 1, 2, \dots, \eta$, ориентированному на численные методы и цифровую технику;

- существует взаимно однозначный переход между моделями $F(\delta)$ и $F(\delta_i), i = 1, 2, \dots, \eta$; он определен системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)

$$F(\delta_i) = \frac{b_m \delta_i^m + b_{m-1} \delta_i^{m-1} + \dots + b_1 \delta_i + b_0}{a_n \delta_i^n + a_{n-1} \delta_i^{n-1} + \dots + a_1 \delta_i + 1}. \quad (2)$$

Можно заметить, что объем вычислений при действии над двумя функциями вида $F(\delta_i), i = 1, 2, \dots, \eta$ будет мал: он равен числу $\eta = m + n + 1$. Отсюда вытекает смысл и цель перехода к вещественным функциям-изображениям – уменьшение объема операций над моделям объектов. Следствием этого шага является появление двух важных возможностей – использование численных методов и цифровой техники при решении различных задач построения систем автоматического управления (САУ). Эти возможности важны всегда, но особое значение они приобретают для встроенных систем и устройств обработки данных, работающих в реальном времени, например, для самонастраивающихся САУ.

Решение задачи идентификации

Пусть имеем известную переходную характеристику объекта $h(t)$, по которой требуется получить математическое описание объекта в виде дроби

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + 1}. \quad (3)$$

Будем рассматривать параметрическую постановку задачи, полагая, что передаточная функции известна с точностью до коэффициентов выражения (2). Считаем, что известна также переходная характеристика $h(t)$, которая может быть задана графически в виде непрерывной кривой или дискретами, полученными в результате эксперимента. Для решения задачи воспользуемся интегральным соотношением (1), в котором под функцией $f(t)$ будем понимать временную характеристику объекта $h(t)$. В этом случае преобразование (1) с учетом определения «передаточная функция» принимает вид

$$W(\delta) = \delta \int_0^{\infty} h(t) e^{-\delta t} dt, \delta \in [C_v, \infty), C_v \geq 1. \quad (4)$$

Установленная зависимость (4) между известной переходной характеристикой объекта $h(t)$ и его вещественной передаточной функцией $W(\delta)$ позволяет перейти к численным соотношениям между ними, используя процедуру дискретизации на основе формирования системы узлов $\delta_i, i = 1, 2, \dots, \eta$. Решение этой части задачи будем искать в два этапа. На первом найдем значения узлов, используя рекомендации [3]. Это позволяет перейти к дискретному представлению преобразования (4). В практических задачах, когда реакция объекта фиксируется цифровым датчиком, приходится переходить к численному интегрированию, что в итоге приводит к соотношению

$$W(\delta_i) = \delta_i \sum_{j=1}^m h(t_j) e^{\delta_i t_j} \Delta t_j, \delta_i = C_v \geq 1, i = \overline{1, \eta}. \quad (5)$$

В результате выполнения этапа будет найдена численная характеристика объекта $\{W(\delta_i)\}_\eta = W(\delta_1), W(\delta_2), \dots, W(\delta_\eta)$. Второй этап заключается в вычислении неизвестных коэффициентов передаточной функции (3). Для этого используется СЛАУ вида (2), которая в обозначениях рассматриваемой задачи принимает вид

$$W(\delta_i) = \frac{b_m \delta_i^m + b_{m-1} \delta_i^{m-1} + \dots + b_1 \delta_i + b_0}{a_n \delta_i^n + a_{n-1} \delta_i^{n-1} + \dots + a_1 \delta_i + 1}, i = 1, 2, \dots, \eta. \quad (6)$$

Найденные таким образом коэффициенты относятся к вещественной передаточной функции $W(\delta)$, но преобразование (1) позволяет перейти от этой функции к передаточной функции по Лапласу $W(p)$, формально заменяя переменные: $W(\delta)|_{\delta \rightarrow p} = W(p)$.

Расчетный пример

Для демонстрации представленного алгоритма ниже приведен пример идентификации. Объект задан переходной характеристикой

$$h_s(t) = Ae^{(-0.125-0.992i)t} + Be^{(-0.125+0.992i)t} - 1.35e^{-3t} + 25,$$

где $A = \frac{(-49.6i+293.75)}{(10.6i-21.6)}$, $B = \frac{(49.6i+293.75)}{(-10.6i-21.6)}$. Задача заключается в определении передаточной функции вида (3) с параметрами $m=0, n=2$. Из трех неизвестных коэффициентов один найдется как установившееся значение переходного процесса: $b_0=25$. Теперь задача сводится к определению коэффициентов a_2, a_1 . Для их получения зададим два узла, пользуясь рекомендациям [3]: $\delta_2 = 2.589$; $\delta_1 = \delta_2/2 = 1.294$. Вычислим элементы численной характеристики объекта, пользуясь формулой: $\{W(\delta_i)\}_2 = \{22.919, 2.293\}$. Составим СЛАУ вида (6) и найдем оставшиеся коэффициенты: $a_2 = 1.265$; $a_1 = 0.438$. Результаты решения представлены на рисунке графиками переходных характеристик.

Полученный результат для большинства практических случаев приемлем. Но его при необходимости можно улучшить, уменьшая максимальное отклонение ошибки. Для этого имеется инструмент в виде узлов интерполирования [3].

Заключение

Рассмотрен способ идентификации линейных динамических объектов по их переходным характеристикам, основанный на вещественном интерполяционном методе и ориентированный на использование численных методов и цифровой вычислительной техники. Отличительная особенность подхода – малые вычислительные затраты. Это позволяет рекомендовать его не только для расчета САУ, но и построения контуров самонастройки.

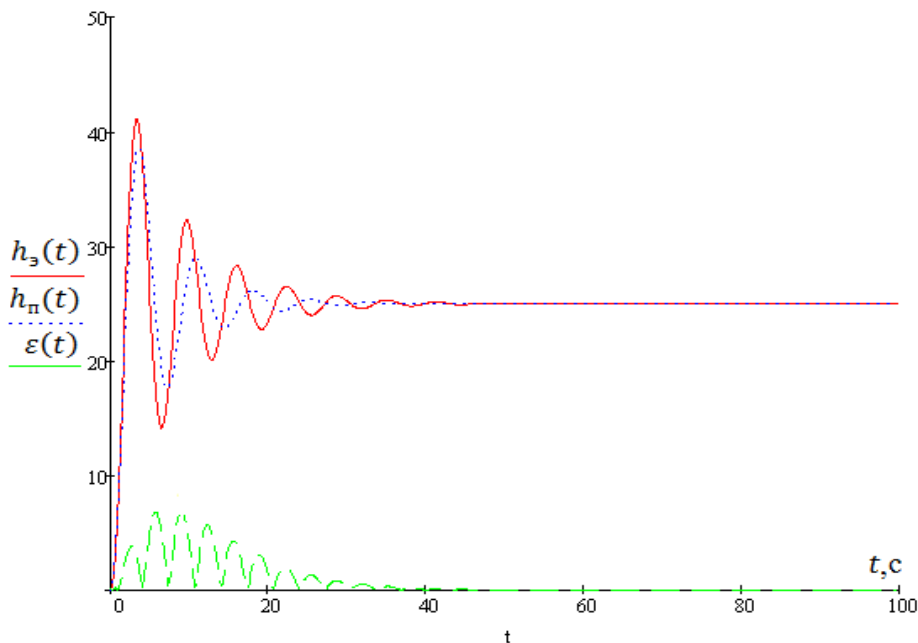


Рис. 1. Переходные характеристики: $h_s(t), h_u(t), \Delta h(t)$, соответственно экспериментальная, идентифицированная и погрешность

Список использованных источников

1. Методы классической и современной теории автоматического управления : учебник в 5-и т.; 2-е изд., перераб. и доп. Т. 2 : Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления / под ред. К.А.Пупкова и Н.Д. Егупова. Москва: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004. 640с.
2. Орурк И.А. Новые методы синтеза линейных и некоторых нелинейных динамических систем. М.: Наука, 1965. 207 с.
3. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза систем автоматического управления. Томск: Изд-во ТПУ, 1995. 108 с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ВЕСОВЩИКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ЦЕХА

© А.Г. Салимова, А.А. Мосунов, 2012

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Взвешивание вагонов на производстве осуществляют разными способами. На одних заводах взвешивают вагоны статически, а на других динамически. В любом взвешивании необходимо вести учет массы груза, количество поставок материала и т.д. Если нет хорошего программного обеспечения по автоматизации процесса взвешивания груза, то вагоны могут долго простаивать и ожидать, пока закончится взвешивание. Потери, которые несет дорога и владельцы грузов вследствие простоев, исчисляются сотнями миллионов рублей.

Ввиду резкого увеличения грузопотока, связанного с увеличением производства сырья и товаров, развитием железных дорог, проблема учета грузов, распознавания и регистрации вагонов стала первостепенной. Развитие промышленности выдвинуло в последнее время ряд новых задач, связанных с созданием автоматизированных систем учета товарно-материальных запасов и управления производством.

Основная цель работы – это разработка автоматизированного рабочего места весовщика железнодорожного цеха. Разработана программа для завода ОАО «СУМЗ», взамен старого программного обеспечения. Поэтому АРМ весовщика создано согласно требованиям операторов железнодорожного цеха.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить действующее программное обеспечение в железнодорожном цехе;
- определить требования операторов цеха к новой программе, создать удобный пользовательский интерфейс;
- обеспечить выполнение необходимых функций программы, а именно: реализовать авторизацию при входе в систему, хранить все данные по взвешиванию в базе данных SQL, создать резервную копию базы;
- реализовать функцию предоставления отчетов по нескольким параметрам, а также создание отчета и представление его в корпоративной сети предприятия при помощи Reporting Services.

Проектируемая информационная система предназначена для хранения данных взвешиваемых вагонов с грузом и без, и параметров поставок груза. Данные параметры несут информацию о поставщике, получателе и о продукте.

Архитектура информационной системы основывается на модели «клиент-сервер». Такая архитектура позволит осуществить централизованное хранение и обработку данных, а