ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДВУХМАССОВОГО ПОДВИЖНОГО ЗВЕНА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Пякилля Б.И., Гончаров В.И.
Томский политехнический университет
pakillaboris@gmail.com

Введение

Робототехнические системы с каждым годом начинают играть все большую роль в промышленном производстве, а в некоторых случаях без них уже невозможно представить эффективную работу предприятия и качественное изготовление продуктов. С возрастанием требований к качеству получаемой продукции, возрастают и требования к качеству функционирования роботов и робототехнических систем, а значит, возникают все новые научные проблемы, связанные с обеспечением оптимальной работы систем автоматического управления (САУ) роботами. В основе построения качественной автоматической системы лежит глубокое понимание свойств управляемого объекта. Для этого поведение исследуемого объекта необходимо описать средствами некоторого формального языка. В нашем случае, это означает построить математическую модель. Построение математической модели связано с обязательным наличием некоторого набора экспериментальных данных в виде массивов входных и выходных сигналов. Этими входными и выходными сигналами, в случае управления положением звена робота, являются заданные и фактические значения углов, угловых скоростей и ускорений, а также моментов. Далее необходимо использовать метод, позволяющий, по имеющимся данным, получить математическую модель изучаемого объекта. Перейдем к подробному описанию используемого метода идентификации.

Описание метода идентификации

Для идентификации был выбран метод, основанный на применении вещественного интерполяционного метода (ВИМ) [1], доказавшего свою эффективность и небольшие вычислительные затраты.

ВИМ принадлежит к методам, оперирующим с математическими описаниями в области изображений. Базовой основой метода является вещественное интегральное преобразование:

$$F(\delta)=\int_0^{\infty} f(t)e^{-\delta t}dt, \delta\in[C,\infty), C\geq 0 \qquad (1)$$

где оригиналу $f(t)$ ставится в соответствие изображение $F(\delta)$, представленное как функция вещественной переменной δ. Формулу (1), являющейся прямым преобразованием, можно рассмотреть как частный случай преобразования Лапласа, связанный с заменой переменной: комплексной $p=\delta+j\omega$ на вещественную δ.

Использование преобразования (1) для решения задачи идентификации, как и в базовом случае применения преобразования Лапласа, связано с определением передаточной функции $W(p)$ по известным сигналам входа $x(t)$ и выхода $y(t)$. Отличие заключается в переходе к вещественным изображениям $W(\delta)$, $X(\delta)=L\{x(t)\}$, $Y(\delta)=L\{y(t)\}$, $\delta\in[C,\infty), C\geq 0$. На основе этих моделей формируется уравнение $Y(\delta)=W(\delta)X(\delta)$, в котором присутствует искомая функция $W(\delta)$.

Далее, имея математическое выражение вида

$$W(\delta)=\frac{\int_0^{\infty} y(t)e^{-\delta t}dt}{\int_0^{\infty} x(t)e^{-\delta t}dt}, \qquad (2)$$

можно найти вещественную передаточную функцию $W(\delta)$. Переход к передаточной функции по Лапласу осуществляется формальной заменой вещественной переменой δ на комплексную p в соответствии с рекомендациями [1,2].

Практическое применение соотношения (2) требует еще двух пояснений. Во-первых, в практических задачах входные и выходные сигналы $y(t), x(t)$ заданы своими отсчетами $y(t_i), x(t_i), i=1..n$. Эта особенность требует перехода в формуле (2) к численному интегрированию, что делается достаточно просто. Во-вторых, технология ВИМ использует численные расчеты. Поэтому по формуле (2) ищется предварительно так называемая численная характеристика

$$\{W(\delta_i)\}_\eta=\{W(\delta_1),W(\delta_2)..W(\delta_\eta)\}, i=1..\eta$$

которая является численной формой математического описания динамического объекта [1,2], позволяя значительно сократить объем вычислений по сравнению с традиционными методами.

С учетом сказанного расчетная формула принимает вид:

$$W(\delta_i)=\frac{\int_0^{\infty} y(t)e^{-\delta_i t}dt}{\int_0^{\infty} x(t)e^{-\delta_i t}dt}, i=1..\eta. \qquad (3)$$

Математическая модель, в форме численной характеристики, объекта управления и исходная непрерывная вещественная передаточная функция имеют однозначную связь[2]. Она устанавливается при помощи системы линейных алгебраических уравнений, которое при выполнении несложных условий система уравнений имеет решение и оно единственное [1,2].

Изложенные основы вещественного интерполяционного метода и его применения к задаче идентификации позволяют перейти к рассмотрению конкретной задачи получения математической модели и ее решению.

Применение метода идентификации

За экспериментальные данные будет взята переходная характеристика двухмассового подвижного звена робота IRB 1400 шведско-швейцарской фирмы ABB [3]. Характеристика эта получена путем изменения управляющего момента вращения вала электродвигателя и, записи с помощью датчиков, полученной угловой скорости вращения звена. Наличие помех в измерительном тракте обуславливает ее колебательный и «неровный» характер. Вид характеристики представлен на рисунке 1.

За математическую модель, адекватно описывающую поведение звена, выбрана передаточная функция

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \ldots + b_1 p + k}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \ldots + a_1 p + 1},$$

где n≤3, m<3.

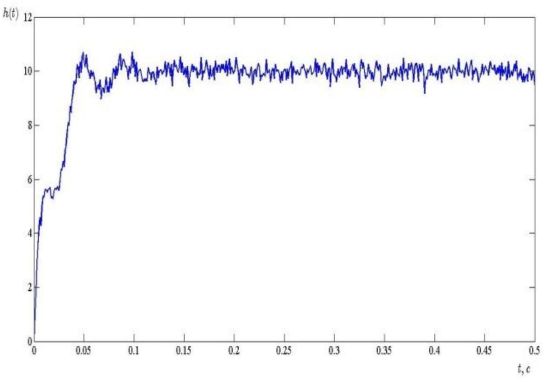

Рис. 1. Переходная характеристика подвижного звена

Выбор такого вида передаточной функции обусловлен возможностью представления исследуемого объекта в виде линейной системы без потери точности описания.

Используем предложенный алгоритм идентификации, основанный на использовании ВИМ. При проведении процедуры идентификации учтем, что нам известно конечное значение переходной характеристики, а значит и коэффициент усиления исследуемого объекта k = 10. За величину, характеризующую качество полученной модели, был взят критерий Чебышева:

$$\Delta h_{\%} = \frac{\max\limits_{i \in [1,n]} |y_m(t_i) - y(t_i)|}{y_{\max}},$$

где $y_{\max}$ – максимальное значение выходного сигнала. Результаты идентификации при различных вариантах порядка числителя и знаменателя передаточной функции $W_a(p)$ звена представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1. Результаты идентификации

$W_a(p)$	$\Delta h_{\%}$
$\frac{10}{0{,}015p+1}$	24,59
$\frac{0{,}051p+10}{8{,}4\cdot10^{-7}p^2+0{,}024p+1}$	17,52
$\frac{-4{,}71\cdot10^{-5}p^2+0{,}1p+10}{2{,}1\cdot10^{-5}p^2+0{,}0325p+1}$	21,84
$\frac{0{,}07p+10}{4{,}03\cdot10^{-8}p^3+8{,}1\cdot10^{-6}p^2+0{,}02p+1}$	19,5
$\frac{0{,}0008p^2+0{,}03p+10}{5{,}3\cdot10^{-7}p^3+0{,}0001p^2+0{,}02p+1}$	9,9

Таким образом, наиболее точно двухмассовое подвижное звено описывается передаточной функцией с параметрами n = 3, m = 2.

Заключение

В результате проделанной работы была идентифицирована математическая модель двухмассового подвижного звена промышленного робота IRB 1400 с помощью вещественного интерполяционного метода.

Литература

1. Måns Östring Identification, Diagnosis, and Control of a Flexible Robot Arm // Linköping Studies in Science and Technology. Thesis №948, 2002.
2. Belikmaier, M.Y., Goncharov V.I. Correctors for automatic control systems: Synthesis by uniform approximation// Automation and Control, 1997. (5 PART 1) , pp. 715-721
3. Goncharov V. Rudnicki V. Real interpolation method in automatic control systems self-adjustment problem// Systems Science, vol. 36, № 3, 2010. pp. 35 - 37