

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ РЯДА ВОЛЬТЕРРА

Карраскель И., аспирант (БГУИР); Акиншева И.В., ассистент (БГТУ).

Кафедра систем управления

Научный руководитель: Кузьмицкий И.Ф., кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

e-mail: hildemaro1980@gmail.com

Аннотация — Эта исследовательская работа направлена на создание методологии для идентификации систем, в особенности химико-технологических процессов, которым присущи нелинейные характеристики; поэтому идентификация сложнее, чем в линейных процессах. Ряд Вольтерра позволяет идентифицировать данные процессы

Ключевые слова: Идентификация, моделирование, ряд Вольтерра

В промышленных химико-технологических процессах, в большей ее части, для того, чтобы представить сами процессы, необходимы нелинейные структуры или модели.

Согласно применению метода идентификации систем, одним из наиболее важных методов, является выбор модели или структуры для идентификации. В этой работе будет применяться один из наиболее эффективных методов и так же наиболее похожий на реальный объект идентификации, данный метод – это ряды Вольтерра, которые возможно применять для идентификации линейных и нелинейных систем, используя как параметрическую так и не параметрическую систему.

Одним из наиболее универсальных подходов к математическому моделированию нелинейных динамических систем типа «вход - выход» является представления отклика системы на внешнее воздействие в виде конечной суммы интегрально-степенного ряда Вольтерра [1].

Используя ряды Вольтерра, ядра которых представляют собой весовые функции высших порядков, можно получить описание нелинейного объекта, допускающее ясную физическую интерпретацию. Этот метод имеет большое достоинство, связанное с тем, что нелинейная система рассматривается как непосредственное обобщение линейного случая.

Можно писать уравнение одного объекта управления в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 y(t) &= \varphi[u(\tau)]_0^t = \int_0^t h(\tau)u(t-\tau)d\tau = \\
 &= \int_0^t h_1(t, \tau_1)u(\tau_1)d\tau + \\
 &+ \int_0^t \int_0^t h_2(t, \tau_1, \tau_2)u(\tau_1)u(\tau_2)d\tau_1d\tau_2 + \dots + \\
 &+ \int_0^t \dots \int_0^t h_N(t, \tau_1, \dots, \tau_N) \prod_{i=1}^N u(\tau_i)d\tau_i,
 \end{aligned} \quad (1)$$

где под $y(t)$ понимается отклонение отклика динамической системы в результате подачи на вход возмущения $u(t)$. При этом предполагается непрерывная зависимость $y(t)$ от $u(t)$ [2].

Функции h_1, h_2, \dots, h_N называются ядрами Вольтерра, являются характеристиками динамической системы и подлежат идентификации.

Большинство исследований в области идентификации нелинейных объектов ограничены

рядом Вольтерра второго и третьего порядков. Ряды Вольтерра могут описываться так же в векторном дискретном виде [3]:

$$y(k) = a_1^T u_1 + b_2^T u_2 + c_3^T u_3 = u^T a, \quad (2)$$

где вектор данных u и вектор коэффициентов даются на следующем виде:

$$\begin{aligned}
 u^T &= (u(k), u(k-1), \dots, u(k-N+1), \\
 &u^2(k), u(k)u(k-1), \dots, u^2(k-N+1), \\
 &u^3(k), \dots, u^3(k-N+1),
 \end{aligned} \quad (3)$$

и

$$\begin{aligned}
 a^T &= (a_0, \dots, a_{N-1}, b_{00}, \dots, b_{N-1, N-1}, \\
 &c_{000}, \dots, c_{N-1, N-1, N-1}),
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$a_1^T = a_0, \dots, a_{N-1}; b_2^T = b_{00}, \dots, b_{N-1, N-1};$$

$$c_3^T = c_{000}, \dots, c_{N-1, N-1, N-1}.$$

Неизвестные параметры ряда могут определяться по результатам измерений от входных и выходных сигналов:

$$y = Ua. \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 y &= \begin{pmatrix} y(k) \\ y(k-1) \\ \vdots \\ y(k-N) \end{pmatrix} \\
 U &= \begin{pmatrix} u_1^T(k) & u_2^T(k) & u_3^T(k) \\ u_1^T(k-1) & u_2^T(k-1) & u_3^T(k-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_1^T(k-N) & u_2^T(k-N) & u_3^T(k-N) \end{pmatrix} \\
 a &= \begin{pmatrix} a_1 \\ b_2 \\ c_3 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Решение по методу наименьших квадратов имеет следующий вид:

$$\hat{a} = (U^T U)^{-1} U^T y. \quad (6)$$

Что соответствует методике данной идентификации.

[1] Эйхофф, П. Основы идентификации систем управления / П. Эйхофф. - М.: Мир, 1975. - 684 с.

[2] Сиродов, Д.Н. Моделирование нелинейных нестационарных динамических систем рядами Вольтерра: идентификация и приложения / Д.Н. Сиродов // Сибирский Журнал индустриальной математики - 2000. Т.Ш, №1 [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://mi.mathnet.ru/sjim96>. - Дата доступа: 12.02.2011.

[3] Гарридо, С. Идентификация, оценивание и управление нелинейных систем ограниченной генетической оптимизацией / С. Гарридо. Леганес, 1999.