

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТНЫМИ РЕЖИМАМИ ЧЕСАЛЬНОГО АППАРАТА

К.А.ПОЛЯКОВ, А.В. ШИЛОВ, Т.А. ФЕОКТИСТОВА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Ставится задача изучения свойств и особенностей обработки волокнистого материала при его движении через предпрочес, I, II и III прочесы по наблюдаемым данным – входным и выходным параметрам.

С учетом сложности электромеханической системы чесального аппарата проведена идентификация промежуточного звена (цепи), которое включает в себя предпрочес, I, II и III прочесы. Идентификация в данном случае позволяет построить математическую модель и определить численные значения параметров исследуемого звена, необходимых для расчета системы автоматического регулирования в целом.

Существуют различные подходы к идентификации нелинейных объектов, решающих задачи автоматического управления. Некоторые из этих подходов пригодны для исследования только конкретных систем или узких классов схем, то есть носят частный характер.

Авторами проведена идентификация объекта на основе построения операторов, определяющих явную зависимость выходных сигналов от входных. Идентификация позволяет построить оператор, связывающий только входные и выходные сигналы

в цепи, что дает возможность существенно упростить описание последней, исключив промежуточные переменные. Получение явной аналитической зависимости выходных сигналов от входных – трудная задача, так как она эквивалентна аналитическому решению системы нелинейных уравнений. Точные решения такого рода, как правило, отсутствуют и можно говорить лишь о приближенном решении, справедливом для ограниченного класса входных воздействий и начальных условий. Но и такое решение получить непросто, поскольку возникают проблемы выбора формы оператора и оценки точности решения. Следует отметить, что методы и алгоритмы решения задач управления электромеханическими системами, а также применяемый математический аппарат существенно зависят от формы тестовых воздействий, используемых при идентификации.

При анализе электромеханической системы использован полный алгоритм определения ядер Вольтерры $[h_k(\tau_1, \dots, \tau_k)]$ k -го порядка с интервалами тестовых воздействий τ для идентификации нелинейного объекта [1], который включает предпрочес, I, II, III прочесы и описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} dy_0/dt &= y_0^0 K_1(x-y_1)/T_1 + 2y_1^1 K_2(x-y_2)/T_2 + 3y_2^2 K_3(x-y_3)/T_3 + 4y_3^3 K_4(x-y_4)/T_4, \\ dy_1/dt &= K_1 e^{-pt_1}(x-y_1)/T_1, \\ dy_2/dt &= K_2 e^{-pt_2}(x-y_2)/T_2, \\ dy_3/dt &= K_3 e^{-pt_3}(x-y_3)/T_3, \\ dy_4/dt &= K_4 e^{-pt_4}(x-y_4)/T_4, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где x – входное воздействие; y_1, y_2, y_3, y_4 – скоростные режимы предпрочеса, I, II и III

прочесов чесального аппарата; y_0 – реакция системы на входное возмущающее

воздействие в виде меняющейся линейной плотности волокнистого продукта; K_1, K_2, K_3, K_4 – статические коэффициенты передачи, определяемые отношением изменения массы единицы длины чесальной ленты к изменению массы слоя волокнистого материала на каждом переходе движения продукта; T_1, T_2, T_3, T_4 – соответственно постоянные времени предпрочеса, I, II и III прочесов.

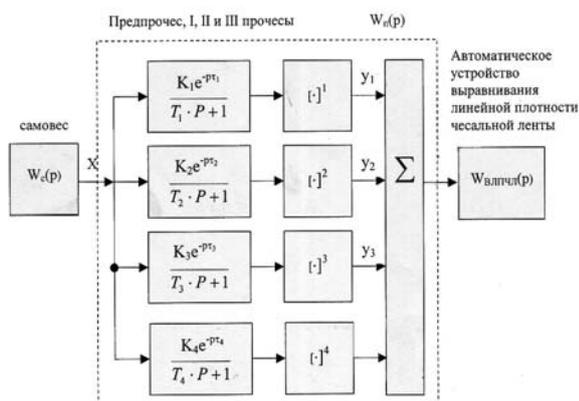


Рис. 1

Структура объекта, описываемая системой (1), может быть представлена структурной схемой объекта идентификации на рис. 1.

Под идентификацией будем понимать определение ядер Вольтерры 1- и 2-го порядков.

Для определения ядер Вольтерры использовался метод Данилова [2], [3]. Идентификация предложенного объекта проводилась на отрезке $0 < t < 10$. Так как в методе Данилова применена δ -функция, которая является математической абстракцией, то в качестве тестового воздействия использовался П-образный импульс с единичной площадью и длительностью 0,05 с. При проведении эксперимента в реальных условиях на истинное значение выходного сигнала аддитивно накладывалась помеха,

которая вносила погрешность в результат идентификации.

Определение ядер Вольтерры по реакции объекта на тестовые воздействия производила программа, написанная в приложении Math-CAD7.0. Professional [4]. Ниже приведено краткое описание этой программы.

1. Объект описывается системой дифференциальных уравнений.

2. Реакция объекта на тестовое воздействие определяется дифференциальными уравнениями, которые решаются методом Рунге Кутты 4-го порядка по 1000 точкам.

3. Ядро Вольтерры второго порядка определяется по 50 сечениям.

4. На истинное значение реакции системы накладывалась помеха вида

$$\varepsilon = \Delta \cdot |y_{\max}| \cdot \text{random}/100,$$

где ε – вектор помехи; y_{\max} – максимальное значение выходной величины; Δ – амплитуда помехи в процентах от максимального значения выходной величины; random – вектор случайной величины с равномерным законом распределения и диапазоном $-0,5 < \text{random}_i < 0,5$.

5. Определение ядер проводится при различных уровнях импульсных воздействий.

6. Результат идентификации записывается в текстовый ANSI файл.

Для объекта, описываемого системой (1), найдено аналитическое представление ядер Вольтерры 1,2,3 порядков, поэтому возможно осуществить анализ точности идентификации методом Данилова при различных уровнях аддитивной помехи. В качестве критерия точности идентификации использовались среднеквадратичные отклонения δ , которые для ядер 1- и 2-го порядка имели следующий вид [5]:

$$\delta = \sum_{i=0}^N (h_1^{\text{ист}}(iT/N) - h_1^{\text{идент}}(iT/N))^2,$$

$$\delta = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N (h_2^{\text{ист}}[(iT/N), (jT/N)] - h_2^{\text{идент}}[(iT/N), (jT/N)])^2,$$

где T – верхний предел идентификации; $h_1^{\text{ист}}$ – вектор истинных значений ядра 1-го порядка; $h_1^{\text{идент}}$ – вектор восстановленных значений ядра 1-го порядка; $h_2^{\text{ист}}$ – матрица истинных значений ядра 2-го порядка; $h_2^{\text{идент}}$ – матрица восстановленных значений ядра 2-го порядка; N – размерность вектора (матрицы).

Определение погрешностей идентификации ядер Вольтерры производила про-

грамма, представленная в приложении MathCAD7.0. Professional.

Графики ядер Вольтерры второго порядка и истинные значения, восстановленные при различных уровнях помехи, приведены на рис. 2, 3 и 4. Рис. 2 – график двумерной истинной функции $h_2(\tau_1, \tau_2)$; рис. 3 – график двумерной функции $h_2(\tau_1, \tau_2)$ при $\Delta=0$; рис. 4 – график двумерной функции $h_2(\tau_1, \tau_2)$ при $n=2, \Delta=10$.

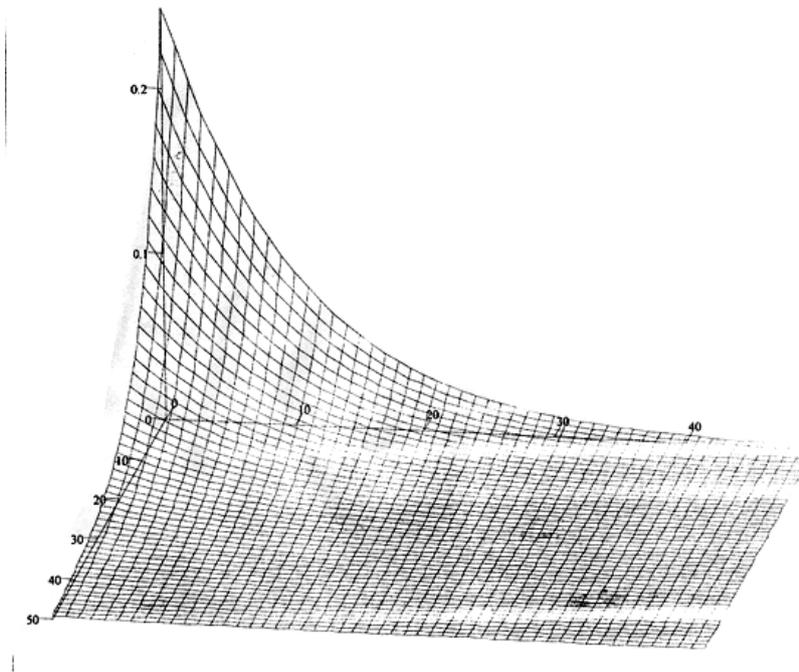


Рис. 2

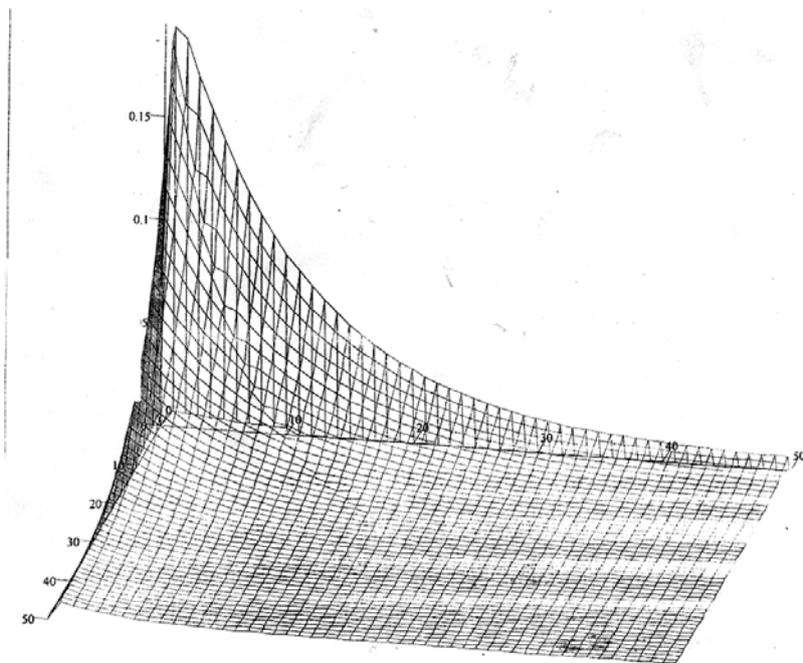


Рис. 3

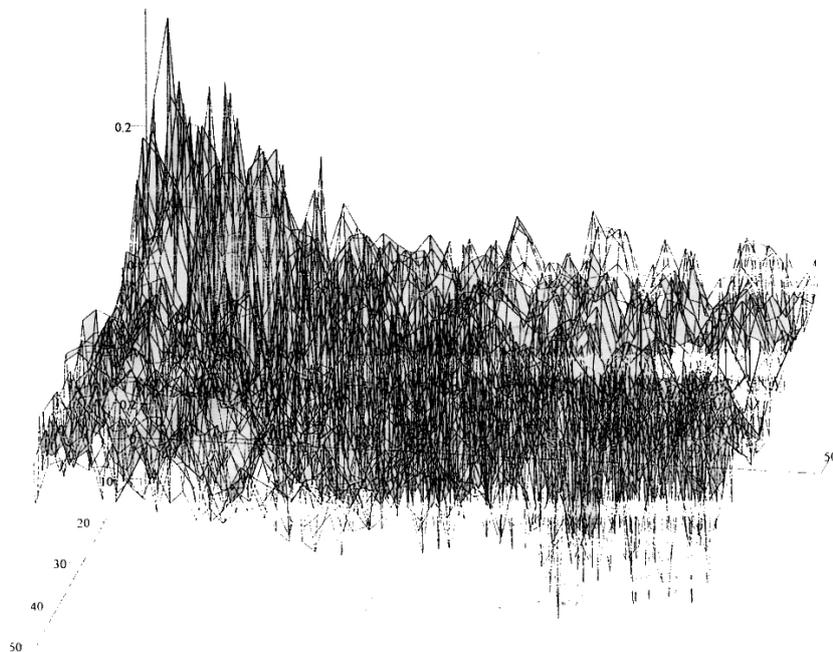


Рис. 4

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ не исчерпывает всего многообразия проблем, возникающих при идентификации нелинейных объектов и построении математических моделей, описывающих соотношение вход/выход. В рамках поставленного эксперимента возникает вопрос оценки точности идентификации и эффективности приемов уточнения в

зависимости от свойств объекта, параметров случайной помехи и применяемого метода идентификации. При неизменности метода эффективность будет зависеть как от применяемого метода (в данном случае скользящей медианы) обработки исходной информации (полезного сигнала с помехой), так и от параметров этого метода (ширины окна, степени убывания коэффициентов и т.д.). Проведя анализ зависимо-

сти погрешности идентификации объекта, описываемого системой (1), видим что, погрешность идентификации уменьшается при сглаживании скользящей медианой как исходных данных, так и самой многомерной функции ядра. Это сглаживание особо эффективно при значительном уровне помехи и большом количестве экспериментальных данных. Следует также отметить, что при малой амплитуде помехи или ее отсутствии повторное сглаживание в некоторых случаях приводит к увеличению погрешности идентификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Soderstrom T., Stolica P.* System Indefication. Prentice Hall International. – London, 1989.
2. *Данилов Л.В.* Ряды Вольтерры-Пикара в теории нелинейных электрических цепей. – М.: Наука, 1987.
3. *Соловьева Е.Б.* Идентификация параметров нелинейной модели в виде полинома Вольтерры-Пикара на классе гармонических сигналов // Электронное моделирование. – 1996, № 3. С.42...45.
4. *Штыкин М.Д.* Разработка программно-математического комплекса бел шумовой идентификации динамических объектов в системах автоматизации технологических процессов. – М.: Наука, 1999.
5. *Дейч А.М.* Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1989.

Рекомендована кафедрой электротехники. Поступила 01.12.06.