

Математические модели с изменяющимися параметрами.

(Амурский государственный университет, Благовещенск)

Пикуль З.Д.

Рассмотрены особенности получения математического описания объекта управления по данным активного эксперимента. Результаты практических исследований показывают, что рассматриваемый класс объектов может быть описан с помощью уравнений с поэтапно изменяющимися параметрами.

Ключевые слова: математическое описание, передаточная функция, изменение параметров.

Введение

При построении современных систем управления разработчик сталкивается с различными проблемами, осложняющими конструирование высокоэффективных систем автоматического управления. Классически к ним принято относить: структурную или параметрическую неопределенность математического описания объекта, изменение его параметров во времени, наличие неконтролируемых возмущений, присутствие запаздывания.

Все выше перечисленные особенности значительно усложняют практическую реализацию и эксплуатацию автоматизированных систем управления. Например, наличие запаздывания, существенных и непредсказуемых изменений динамики, изменение структуры объекта вызывают определенные сложности при получении математического описания объекта управления и синтезе законов управления.

В данной работе, опираясь на результаты [1-4], проведен анализ получения математического описания и построения модели объекта управления при наличии структурно-параметрической неопределенности, выявленной на основе обработки и анализа экспериментальных данных в ходе нормального функционирования объекта управления.

Математическое описание объекта

Учитывая такие объективные причины как большой срок эксплуатации оборудования, наличие ремонтов и модернизаций технологического процесса и т.п., для получения математического описания целесообразнее применить экспериментальный метод [5]. Заметим, что на некоторых объектах невозможно отключить регулятор по различным причинам, поэтому математическое описание для различных тепловых или других видов объектов, с учетом работы регулятора в импульсном режиме, может быть получено путем анализа работы системы в режиме функционирования (аналогично [6]).

Необходимо отметить, что для чистоты эксперимента требуется проведение нескольких опытов и усреднение полученных значений, либо получение математического описания для базового режима (средние параметры окружающей среды, топлива, материала и т.п.) и использование его для расчета

настроек регулятора, а впоследствии учет изменений режимов работы при имитационном моделировании.

Для примера возьмем данные активного эксперимента и получим для данного объекта математическое описание.

Шаг	Точка 1		Точка 2	
	Время	Температура	Время	Температура
0	0	0	0	0
1	15	0	7,5	0
2	30	9	15	42
3	45	18	22,5	74
4	60	30	30	99
5	75	38	37,5	114
6	90	39	45	129
7	105	39	52,5	134
8	-	-	60	134

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Обработка полученных в ходе эксперимента данных может быть осуществлена с привлечением ППП Matlab, пакета расширения SystemIdentificationToolbox.

Для первого случая было выявлено, что объект управления можно описать (с удовлетворительной точностью) передаточными функциями второго и третьего порядков:

$$W(s) = \frac{0.04488}{s^2 + 0.02624 \cdot s + 0.001498} e^{(-10 \cdot s)}, \quad (1)$$

$$W(s) = \frac{0.12s + 0.125}{s^3 + 0.9999 \cdot s^2 + 0.1 \cdot s + 0.003209} e^{(-10 \cdot s)}. \quad (2)$$

$$W(s) = \frac{0.035}{s^3 + 0.6 \cdot s^2 + 0.027 \cdot s + 0.001} e^{(-10 \cdot s)}. \quad (3)$$

Полученные модели – в виде разных структур, построены в ходе проведения многочисленных итераций и наиболее полно отражают динамику системы. Переходные процессы (1), (2) и (3) показаны на рис. 1.

Для второго случая анализ показал, что аналогичные (1), (2) и (3) передаточные функции можно задать со следующими числовыми значениями:

$$W(s) = \frac{0.6768}{s^2 + 0.7 \cdot s + 0.0057768} e^{(-10 \cdot s)}, \quad (4)$$

$$W(s) = \frac{0.8601 \cdot s + 0.041}{s^3 + 0.1703 \cdot s^2 + 0.01028 \cdot s + 0.0004209} e^{(-10 \cdot s)}. \quad (5)$$

$$W(s) = \frac{0.404}{s^3 + 0.6 \cdot s^2 + 0.06 \cdot s + 0.003} e^{(-10 \cdot s)}. \quad (6)$$

Переходные процессы по уравнениям (4),(5) и (6) представлены графиками на рис. 1.

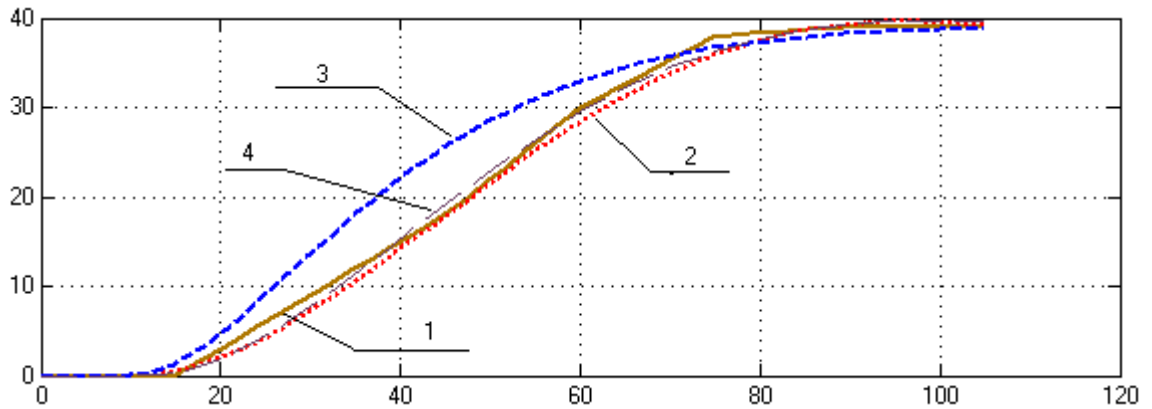


Рисунок 1 – Графики переходных процессов для первого случая:

1 – исходный процесс;

2, 3, 4 – процессы, построенные соответственно по уравнениям (1), (2), (3).

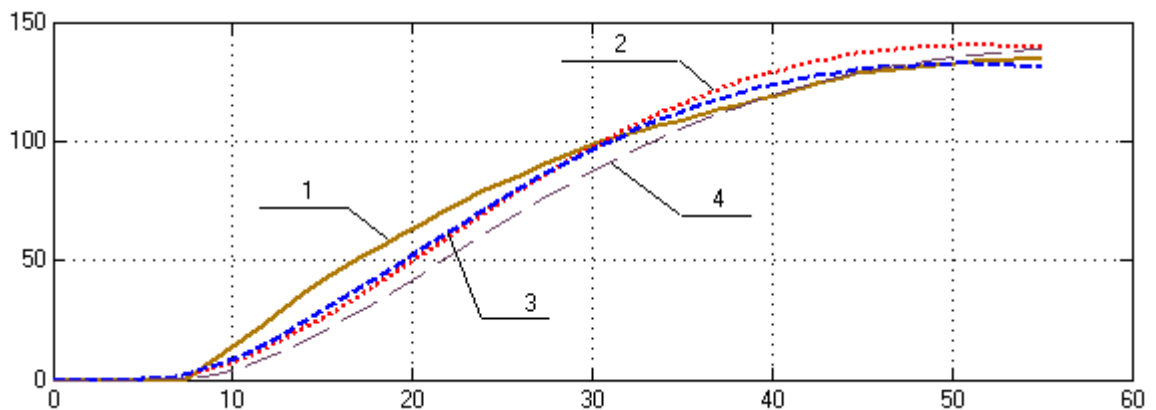


Рисунок 2 – Графики переходных процессов для первого случая:

1 – исходный процесс;

2, 3, 4 – процессы, построенные соответственно по уравнениям (4), (5), (6).

В общем случае оценка параметров модели заданной структуры проводится путем минимизации выбранного критерия качества модели (чаще всего – среднего квадрата рассогласования выходов объекта и его постулируемой модели) [7]. С помощью пакета System Identification Toolbox можно оценить качество полученных моделей: для первого случая наилучший результат показывает передаточная функция (3), (94.39), рисунок 3, для второго передаточная функция (3), (89.95), рисунок 4.

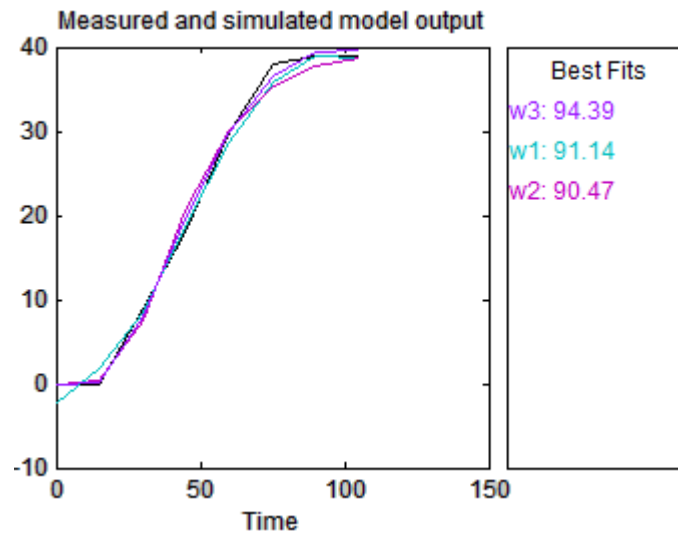


Рисунок 3 – Оценка качества моделей для первого случая, где $w1$ - соответствует передаточной функции (1), $w2$ – (2), $w3$ – (3)

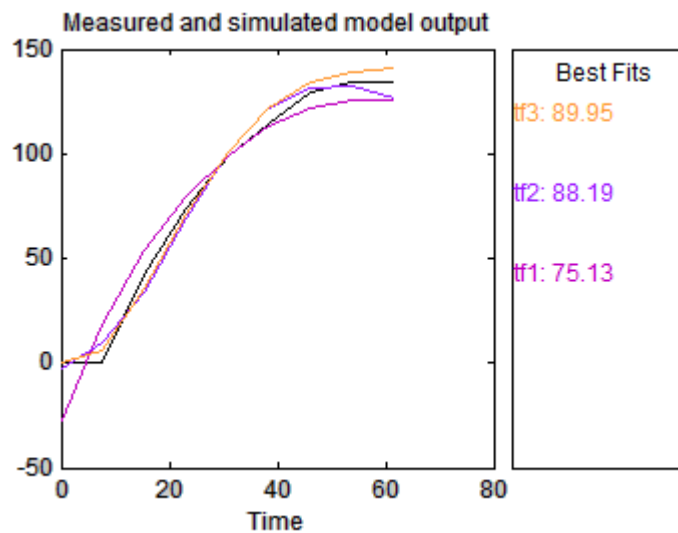


Рисунок 4 – Оценка качества моделей для второго случая, где $tf1$ соответствует передаточной функции (4), $tf2$ – (5), $tf3$ – (6)

Заключение

На примере одного класса объектов показано, что математическая модель некоторых объектов достаточно сложна, может быть вполне адекватно описана уравнениями с поэтапно изменяющимися параметрами. При этом модель может быть линейной и описываться набором передаточных функций, в частности, передаточные функции (2) и (3), (5) и (6) близки (см. рис. 3, рис. 4), таким образом в исследуемом объекте изменяются параметры и структура, что необходимо учитывать при проектировании систем управления.

Литература

1. *Еремин Е.Л., Пикуль З.Д., Теличенко Д.А.* Система управления температурой сушилки // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Сборник трудов шестой Всероссийской науч. техн. конф. с международным участием. – Благовещенск. – 2013. – С.534-539.
2. *Пикуль З.Д., Теличенко Д.А.* Автоматизация процесса сушки руды в условиях структурно-параметрической неопределенности. // Информатика и системы управления. – 2014. – №1. – С.160-169.
3. *Еремин Е.Л.* Адаптивное управление динамическим объектом на множестве состояний функционирования // Информатика и системы управления. – 2012. – №4. – С.107-118.
4. *Еремин Е.Л., Еремин И.Е.* Адаптивная система для объекта с запаздыванием по управлению в схеме с динамическим корректором и эталонным упредителем // Информатика и системы управления. – 2013. – №4. – С.111-120.
5. *Еремин Е.Л., Теличенко Д.А.* Адаптивное и робастное управление объектами теплоэнергетики. – Благовещенск: Амурский гос. ун–т, 2009.
6. *Косицын В.Ю., Рыбалев А.Н., Теличенко Д.А.* Система управления тепловой нагрузкой котла // Теплоэнергетика. – 2013. – №2. – С.54-60.
7. *Дьяконов В., Круглов В.* Matlab анализ идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2001.