

УДК 519.87

Непараметрическая идентификация с использованием переходных характеристик.

Мамышев Р.Э.

Научный руководитель: Астапов В.Н.

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия.

Аннотация

Идентификация представляет собой способ нахождения оптимальной модели, которую строят по результатам наблюдений над входными и выходными переменными объекта. Главная задача системного анализа — это создание интеллектуальных систем управления динамическими объектами. На сегодняшний день мы имеем большой опыт по управлению динамическими объектами, в частности наиболее широкое распространение получили П, ПИ, ПИД алгоритмы регулирования и другие типовые регуляторы. Их использование в большинстве случаев является недостаточно эффективным. Также в рамках современной теории управления были разработаны алгоритмы оптимального управления. Решение задачи управления неотъемлемо связано с решением задачи идентификации исследуемого объекта. Эту проблему затрагивало большое количество трудов многих отечественных и зарубежных ученых.

В том случае, когда нет возможности обоснованно выбрать структуру модели применение параметрической идентификации не является возможным. Поэтому необходимо использование непараметрических методов, для использования которых достаточно знание лишь о качественных характеристиках исследуемого объекта. На сегодняшний день широко используются непараметрические методы для выполнения различных задач системного анализа, идентификации и управления. В связи с чем разработка и исследование непараметрических моделей, а также алгоритмов управления является актуальной научно-технической задачей, в том числе и для случая динамических объектов.

Ключевые слова: непараметрическая идентификация, переходные характеристики, аperiodический объект, колебательный объект, объект высокого порядка.

Nonparametric identification using transient characteristics.

Mamyshev R.E.

Scientific adviser: Astapov V.N.

Identification is a way to find the optimal model, which is built based on the results of observations of the input and output variables of the object. The main task of system analysis is the creation of intelligent control systems for dynamic objects. Today we have extensive experience in the control of dynamic objects, in particular, the most widespread are P, PI, PID control algorithms and other typical regulators. Their use in most cases is not effective enough. Also, within the framework of modern control theory, optimal control algorithms have been developed. The solution of the control problem is inherently connected with the solution of the problem of identification of the investigated object. This problem was touched upon by a large number of works of many domestic and foreign scientists.

In the case when it is not possible to reasonably choose the structure of the model, the use of parametric identification is not possible. Therefore, it is necessary to use nonparametric methods, for the use of which only knowledge of the qualitative characteristics of the object under study is sufficient. Today, nonparametric methods are widely used to perform various tasks of systems analysis, identification and control. In this connection, the

development and study of nonparametric models, as well as control algorithms, is an urgent scientific and technical problem, including for the case of dynamic objects.

Key words: nonparametric identification, transient characteristics, aperiodic object, oscillatory object, high-order object.

Введение

Построение моделей и регуляторов реальных производственных процессов вызывает сложность управления этими объектами и процессами, а также комплексами и их исследованием, что приводит к проблеме идентификации и управления стохастическими динамическими системами. На сегодняшний день мы имеем огромный опыт моделирования динамических систем, благодаря определению параметрической структуры модели и класса моделей объекта. В особенности, задачей идентификации является определение параметров, которые в свою очередь описывают динамику производственных процессов.

Таким образом проблема идентификации и управления линейными динамическими системами (ЛДС) существует только тогда, когда параметры моделей процессов не известны. Данная проблема обычно встречается при разработке определенных систем автоматизации. В таком случае задачи идентификации и управления линейными динамическими системами решаются в условиях непараметрической неопределенности, т.е. в случае, когда параметры моделей исследуемых процессов не известны [1].

Непараметрическая идентификация

Методы непараметрической идентификации, основанные на определении частотных и временных характеристик, требуют условия эксперимента на более низких уровнях помех или большего времени на экспериментирование с системой, а также необходимых входных воздействий. Данный способ идентификации является методом активной идентификации из-за чего он малоэффективен при функционировании объекта в нормальном режиме или в замкнутом контуре. Поскольку свойство линейности и стационарности присуща не всем объектам эти методы применяются, главным образом, для идентификации динамических объектов в окрестностях некоторых стационарных невозмущенных состояний. С учетом данного условия предполагается, что связь между входными и выходными переменными объекта задается линейным уравнением, а переменная на выходе может изменяться только под воздействием наблюдаемых входных сигналов, при отсутствии помех или возможности ими пренебречь.

Уравнения связи между выходными и входными переменными объекта имеют различные формы и могут быть записаны в следующем виде. При идентификации в частотной области применяются следующие частотные характеристики: амплитудно-фазовые (АФХ),

амплитудночастотные (АЧХ), фазо-частотные (ФЧХ) и т.д. При идентификации объектов во временной области уравнения связи могут быть записаны в виде дифференциальных уравнений и передаточных функций. Кроме того, часто используется интеграл свертки [2].

Таким образом основной задачей идентификации является определение модели (т.е. ее структуры и параметров) или наилучшей аппроксимации характеристик системы (непараметрическая идентификация) по полученному экспериментально набору данных (записанных входных и выходных сигналов).

Другими словами, оценка временных и частотных характеристик динамических систем без параметризации модели M , что численно соответствует определению вектора значений искомой характеристики и является задачей непараметрической идентификации [3].

Описание объекта во временной области проводят при помощи непериодических - импульсных, ступенчатых и другие сигналов, а в частотной области – периодических – синусоидальных и косинусоидальных сигналов.

Идентификация с использованием переходных характеристик

Переходная характеристика системы $h(t)$ - это реакция на единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях объекта управления, т.е. при $x(0) = 0$ и $y(0) = 0$, и характеризует его динамические свойства. Получение переходной характеристики экспериментальным путем с последующим получением параметров ОУ - первый шаг на пути к определению настроек ПИД-регулятора, ПИ-регулятора, П-регулятора [4].

Чаще всего методы идентификации детерминированных объектов используются при определении формулы переходной характеристики реакции ОУ при подаче на вход объекта ступенчатого воздействия.

$$u(t) = c1(t),$$

где $1(t)$ - функция единичного скачка:

$$\begin{cases} 1(t) = 0, t < 0; \\ 1(t) = 1, t \geq 0, \end{cases}$$

c - интенсивность сигнала.

Основной способ определения коэффициентов дифференциального уравнения — это аппроксимация экспериментально полученного выражения переходной характеристики $h(t)$ решением линейного дифференциального уравнения

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y(t) = b_m \frac{d^m u(t)}{dt^m} + \dots + b_0 u(t)$$

С неизменными коэффициентами и нулевыми начальными условиями, где входное воздействие $u(t)$ задается в виде единичной ступенчатой функции.

Переходные функции объектов разных классов описывают в соответствии с существующими методами.

Переходные функции, имеющие гладкий неколебательный характер, описывают последовательным приближением экспериментальной переходной характеристики решением дифференциального уравнения порядка n с правой частью типа «ступенчатая функция»:

$$h(t) \cong c_0 - \sum_{i=1}^n c_i e^{-\alpha_i t},$$

где $c_0 = h(\infty) \cong h(t_{\text{кон}})$.

Экспериментальная функция задана на интервале времени $[0, t_{\text{кон}}]$.

Графические методы в инженерных расчетах используются, чтобы получить аналитические выражения передаточных функций на основе экспериментально полученных переходных характеристик.

Время транспортного запаздывания τ можно определить, как интервал времени между моментом изменения входного сигнала и началом изменения выходной величины. Далее для объекта, обладающего транспортным запаздыванием, передаточная функция определяется как произведение двух передаточных функций $W_1(p) = e^{-p\tau}$, соответствующей транспортному запаздыванию и $W_2(p)$, соответствующей переходной функции $Y_2 = Y_{\text{вых}}(t - \tau)$, у которой за начало отсчета принимается время $t = \tau$.

Постоянные времени могут быть вычислены различными способами для объектов разного типа.

Инерционный объект первого порядка. Постоянная времени такого объекта T определяется как промежуток времени, за которое переходная функция достигает 63% своей установившейся величины.

Постоянная времени также может быть определена как момент времени, в который касательная к переходному процессу в начальной точке траектории пересечет установившееся значение выходной величины. График определения постоянной времени инерционного объекта первого порядка представлен на рисунке 1.

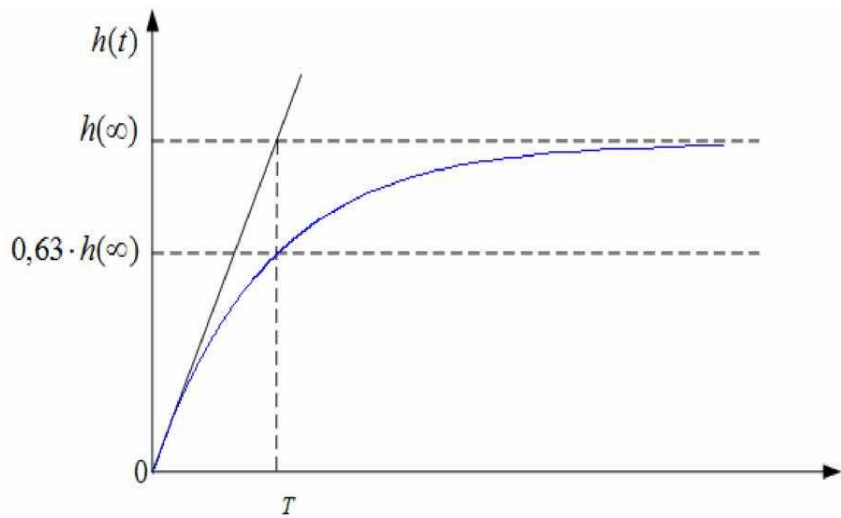


Рисунок 1 - Графическое определение постоянной времени инерционного объекта первого порядка

Апериодический объект второго порядка.

Приближенную идентификацию параметров T_1 , T_2 можно провести различными способами в зависимости от объемов необходимых вычислений и построений, например, используя следующий подход. Для определения постоянной T_1 начальный участок переходной кривой аппроксимируют линейной зависимостью до пересечения с осью ординат, считая процесс апериодическим первого порядка. Постоянную времени T_2 определяют путем идентификации начального участка переходной кривой. Данный подход можно использовать только для приближенного отыскания параметров передаточной функции, которые в дальнейшем необходимо уточнять [5].

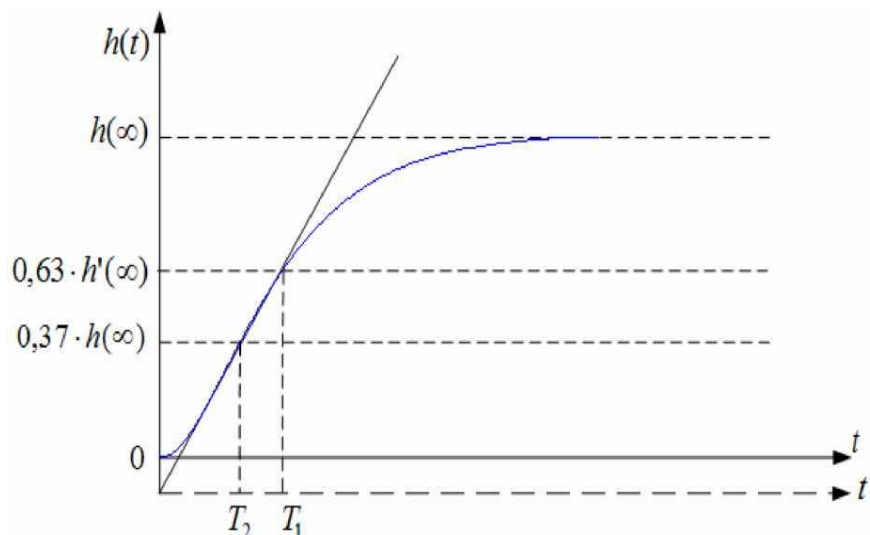


Рисунок 2 - Графическое определение параметров T_1 , T_2 инерционного объекта второго

порядка

Колебательный объект второго порядка. Для определения приближенных значений постоянной времени T и коэффициента демпфирования ξ по переходной характеристике с помощью графических методов (рисунок 3) можно воспользоваться следующими соотношениями:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\pi^2}{(\ln \frac{A_1}{A_2})^2}}}; T = T_0 \frac{\varepsilon}{2 \ln \frac{A_1}{A_2}}$$

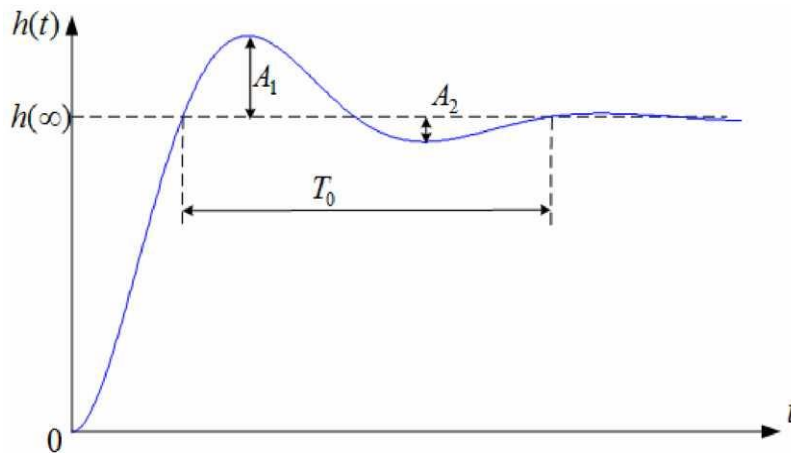


Рисунок 3 - Графическое определение параметров T , ξ колебательного объекта второго порядка

Апериодический объект высокого порядка. При идентификации объектов более высокого порядка следует учитывать, что апериодический объект высокого порядка с n различными постоянными времени может быть аппроксимирован объектом n -го порядка с одной постоянной времени τ :

$$W(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1) \dots (T_ns + 1)} \approx \frac{k}{(\tau_1s + 1)^n}$$

При таком подходе с помощью простых графических построений на разгонной характеристике определяются точка перегиба и касательная к ней.

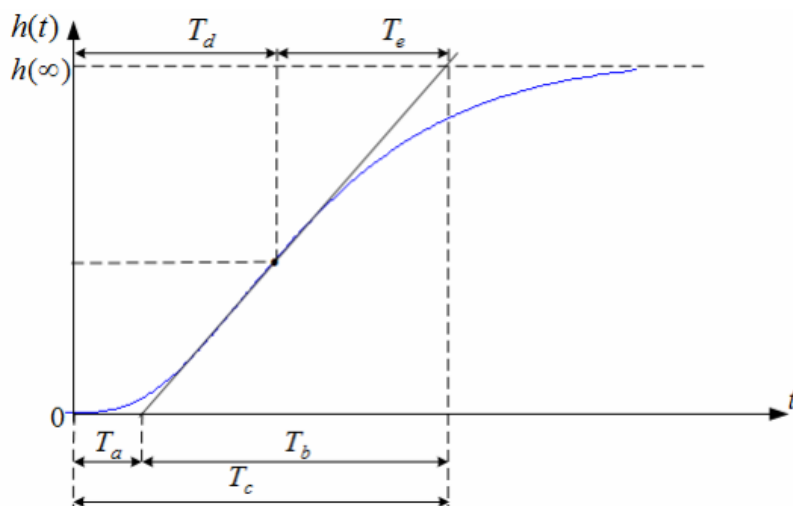


Рисунок 4 - Графические построения для определения параметров аperiodического объекта высокого порядка

Заключение

Итак, в данной работе были рассмотрены способы непараметрической идентификации с использованием переходных характеристик. Представленные в работе формулы позволяют уменьшить влияние системы на обычный ход технологического процесса, а также позволяют провести идентификацию и управление со сдерживанием скатывания системы в область неустойчивости.

Благодаря развитой на сегодняшний день микропроцессорной техники облегчается труд рабочего персонала в процессах идентификации технологического объекта управления (ТОУ) и расчетах коэффициентов настроек регулятора.

Данная работа ориентирована на развитие теории идентификации и управления линейными динамическими системами в условиях непараметрической неопределенности.

Список литературы

1. Сергеева Н.А. Непараметрические алгоритмы идентификации и управления линейными динамическими системами. [Электронный ресурс] – URL: <https://goo.su/9cJN>. (дата обращения - 14.11.2021г).
2. Общий подход к методам непараметрической идентификации. [Электронный ресурс] – URL: <https://studfile.net/preview/4421917/page:5/> (дата обращения - 14.11.2021г).
3. Идентификация объектов и систем управления. [Электронный ресурс] – URL: <http://hoster.bmstu.ru/~amas/courses/ioisu/ioisu.lect02.pdf> (дата обращения - 16.11.2021г).
4. Идентификация объектов управления по их переходным характеристикам. [Электронный ресурс] – URL: https://revolution.allbest.ru/manufacture/00354123_0.html. (дата обращения - 16.11.2021г).
5. Определения и задачи идентификации математических моделей. [Электронный ресурс] – URL: <https://goo.su/J91>. (дата обращения - 18.11.2021г).