ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С САМОВЫРАВНИВАНИЕМ, БЕЗ ЗАПАЗДЫВАНИЯ МЕТОДОМ ПЛОЩАДЕЙ СИМОЮ М.П. В ПАКЕТЕ MAPLE

Зиатдинова А.А.

E-mail: ziatdinovaalmira@yandex.ru

Нижнекамский химико-технологический институт, г. Нижнекамск

Аннотация. *Рассмотрен алгоритм определения параметров передаточной функции модели объекта управления методом площадей Симою М.П. с реализацией в пакете Maple.*

Identification of control object with self-alignment, without delay by the areas method of simoyu m.p. in system Maple

Ziatdinova A.A.

Abstract. *The determination algorithm of function transmission parameters of object control model using the areas method of Simoyu M.P. is considered with realization in computer system Maple.*

Целью данной работы является определение передаточной функции модели объекта с самовыравниванием, без запаздывания по кривой разгона, полученной экспериментально, с реализацией в пакете символьной математики Maple.

В общем случае динамические свойства объекта аппроксимируются моделью следующего вида:

$$W_0(p) = k\frac{1 + b_1p + b_2p^2 + \ldots . + b_mp^m}{1 + a_1p + a_2p^2 + \ldots + a_np^n}, \tag{1}$$

где k – коэффициент усиления; a_i, b_i – коэффициенты передаточной функции, p – оператор Лапласа, $W_0(p)$ – передаточная функция (ПФ).

Метод площадей Симою М.П. позволяет определить передаточную функцию модели объекта по кривой разгона.

Кривая разгона – реакция динамического звена (объекта регулирования) на скачкообразное воздействие при величине скачка, равной единице.

Основной задачей является определение коэффициентов a_i, b_i передаточной функции методом, предложенным М.П. Симою [1] и названным им методом площадей.

Применяют и другие методы (например, методы Корбина, Стрейца).

Методы, базирующиеся на вычислении площади S, наиболее эффективны и удобны при использовании ЭВМ для идентификации объекта управления в условиях проведения активного эксперимента [3].

Для получения кривой разгона в автоматической системе регулирования устанавливается номинальный статический режим. Затем система переводится в ручной режим (регулятор отключается, обратная связь разрывается) и на объект регулирования в момент времени с помощью задатчика подается скачкообразное воздействие. Например, скачком изменяется давление на пневматический исполнительный механизм (клапан). Изменение давления приводит к перемещению регулирующего органа (шток, заслонка и т. д.) и как следствие к изменению потока энергоносителя или реагента и соответствующему изменению регулируемой величины y.

Для расчета параметров модели методом площадей целесообразно ввести нормированную кривую разгона (переходную характеристику), определяемую формулой:

$h(t) = \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}}$,где $y = y_{min} \div y_{max}$ (2)

где y – регулируемая величина.

Переходную кривую h(t) можно рассматривать как реакцию динамического звена с нормированной ПФ вида:

$$W(p) = \frac{1 + b_1p + b_2p^2 + \ldots + b_mp^m}{1 + a_1p + a_2p^2 + \ldots + a_np^n} \tag{2}$$

Тогда изображение по Лапласу h(t) можно записать следующим образом:

$$H(p) = L\{h(t)\} = W(p)\frac{1}{p} \tag{3}$$

Процедура определения параметров a_i, b_i передаточной функции модели объекта основывается на подходе, который предложен в работе [2]. Алгоритм оценки параметров модели может быть записан следующим образом:

$\mu_k = \frac{1}{k!}\int\limits_0^T (-t)^k\,\varphi\,(t)dt$, k=0, 1, 2 ... (5)

где ϕ(t)=1–h(t), а значение T_{Π} выбирается так, чтобы $\phi(T_{\Pi}) \approx 0$.

$S_k = \mu_{k-1} + \sum\limits_{i=0}^{k-2} \mu_i\ S_{k-1-i}$, k=1, 2 ... (6)

и

$$a_k = b_k + S_k + \sum_{i=1}^{k-1} b_i S_{k-i}, \qquad (4)$$

Формулы (5) – (4) определяют последовательность расчета параметров модели.

Для определения коэффициентов a_i, b_i необходимо N =m + n уравнений и такое же количество площадей S, найденных по формуле (6). Поскольку, как правило, порядок модели заранее не известен, необходимо задаваться порядком модели.

Пусть порядок ПФ равен n. Для простоты примем m=n–1. Из условия (5) может быть определен порядок передаточной функции модели:

$$\Delta_n = \begin{matrix} S_2 & S_3 & \ldots & S_n & S_{n+1} \\ S_3 & S_4 & \ldots & S_{n+1} & S_{n+2} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ S_k & S_{k+1} & \ldots & S_{n+k} & S_{n+k+1} \\ S & S & \ldots & S_{2n-1} & S_{2n} \end{matrix} \qquad (5)$$

Значение n, при котором $\Delta_n \approx 0$, определяет порядок W(p). Для ее оценки целесообразно использовать критерий:

$$\frac{\Delta_n}{\Delta_{n-1}} \leq \delta, \qquad (6)$$

где δ – некоторая достаточно малая величина.

Реализация данного метода в пакете символьной математики Maple.

> restart;

> with(Statistics):

Исходные данные, полученные экспериментально, в нормированном виде (Y - значения регулируемой величины с течением времени X):

> X := Vector([0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5,1.8,2.1,2.4,2.7,3,3.3,3.6,3.9], datatype=float):

Y := Vector([0., .1666666667e-1, .1000000000, .1666666667, .2666666667, .3666666667, .5000000000, .5833333333, .6666666667, .7833333333, .8666666667, .9833333333, 1.000000000, 1.000000000], datatype=float):

Аппроксимируем кривую разгона методом полиномиальной регрессии полиномом 3-ей степени:

> PolynomialFit(3, X, Y):

> h(t):=PolynomialFit(3, X, Y, t);

Переходная характеристика, найденная в результате полиномиальной регрессии:

$$h(t) := -0.00490196078966340532 + 0.0754381784373042569\ t + 0.157266480758494282\ t^2 - 0.0281006816895514149\ t^3$$

> xydata :=<X|Y>:

> with(plots):

-проверка аппроксимации-

> data:=pointplot(xydata, connect=true):

> fit:=plot(h(t),t=0..4):

> display({data,fit});

Введем вспомогательную функцию:

> phi(t):=1-h(t):

Находим моменты по формуле (5):

> mu:=(k)->(1/k!)*int(((-t)^k)*phi(t) , t=0..3.658326504):

Процедура для нахождения площадей S по формуле (6):

> S:=proc(k::integer)

option remember;

S(k):=mu(k-1)+add(mu(i)*S(k-1-i),i=0..k-2)

end proc:

> S(1):=mu(0):

> with(LinearAlgebra): with(linalg):

Составляем матрицу 4-го порядка:

> M := Matrix([[seq(S(j),j=2..5)],[seq(S(j),j=3..6)],[seq(S(j),j=4..7)],[seq(S(j),j=5..8)]]);

Согласно условию (5) находим определитель, составленной матрицы:

$$D := 0.1945950943\,10^{-5}$$

> Delta:=Determinant(M,method=algnum);

Так как мы получили значение определителя, приблизительно равного нулю, следовательно, задаемся структурой модели (2) при n=3 и m=2.

Коэффициенты, оказавшиеся равными нулю:

> b(2):=0: b(3):=0: b(5):=0: a4:=0: a5:=0:

Процедура нахождения параметров a_i, b_i:

```
> a:=proc(k::integer)
option remember;
a(k):=b(k)+S(k)+add(b(i)*S(k-i),i=1..k-1);
end proc:
> eqns:={a1=a(1),a2=a(2),a3=a(2),a4=a(3),a5=a(5)}:
> solve(eqns,{a1,a2,a3,b(1),b(2)});
```

В результате получили коэффициенты передаточной функции a_i, b_i:

$$\{a2 = 1.143494533,\ a3 = 0.3157342818,\ a1 = 1.703216707,\ b(2) = 0.1039601413,\ b(1) = -0.1599178840\}$$

```
> a1 := 1.703216707: a2:= 1.143494533: a3:= .3157342818: b(2):= .1039601413: b(1):= -.1599178840:
> W(p):=(1+b(1)*p+b(2)*p^2)/(1+a1*p+a2*p^2+a3*p^3);
```

Нормированная передаточная функция модели (2), с определенными по методу площадей Симою параметрами:

$$W(p) := \frac{1 - 0.1599178840\,p + 0.1039601413\,p^2}{1 + 1.703216707\,p + 1.143494533\,p^2 + 0.3157342818\,p^3}$$

Согласно выражению (3):

```
> H(p):=W(p) *1/p:
> with(inttrans):
```

С помощью обратного преобразования Лапласа находим переходную характеристику модели:

```
> invlaplace(H(p), p, t):
> plot(%,t=0..4,0..1):
> R1:=plot(%%,t=0..4,0..1, color=black):
> display(D1,R1);
```

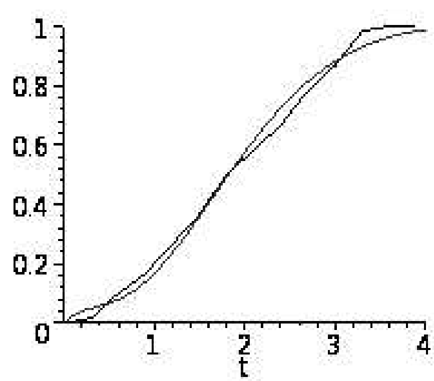

Рис.1. *Совмещенное изображение нормированной кривой разгона $h(t)$ и переходной функции модели $y(t)$.*

В результате получили устойчивую модель, адекватную объекту по критерию максимального отклонения.

Данная работа может быть полезна в процессе учебной деятельности студентов по курсу “Теория автоматического управления”.

Литература

1. Симою М.П. Определение коэффициентов передаточных функций линеаризованных звеньев систем регулирования. Автоматика и телемеханика, 1957 г., № 6. С. 514–527.
2. Волгин В.В. Методы расчета систем автоматического регулирования. / Учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 1972г., 192 с.
3. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2001. - 302 с.: ил. С. 34.
4. Матросов А.В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики. - СПб.: БХВ-Петербург,2001.- 528 с.: ил.