

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ НАСТРОЙКИ ПИ-РЕГУЛЯТОРА В ПРОГРАММЕ МАТЛАБ

© **Бараев Р.С., Мишаев А.А., Муслимов А.М.,
Местоев Д.М.**

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

В статье рассматривается методика расчета ПИ-регулятора в программе Matlab. Приводится пример расчета коэффициентов настройки по кривой разгона объекта управления. Программа Matlab широко применяется в процессе образования студентов при обучении по дисциплинам «Локальные системы управления», «Теория автоматического управления» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Ключевые слова: коэффициенты настройки ПИ-регулятора, программа Matlab, автоматическая система регулирования (АСР), передаточная функция объекта, кривая разгона объекта, переходный процесс.

Необходимо отметить, что в настоящее время отсутствует общая методика расчета настроек ПИ-регулятора. Существуют графическая методика расчета по кривой разгона объекта, есть методики расчета, написанные на разных языках программирования. До рассматриваемой в данной статье методике, расчет на кафедре Автоматизация технологических процессов и производств (АТПП) ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова произвёлся в программе QBasic. Листинг программы расчета на QBasic размещался на четырех листах формата А4. Сама программа имела ряд недостатков, которые отражались в неудобстве ввода начальных и промежуточных данных расчета, кроме этого, для расчета в операционной системе Windows требовался ввод режима эмуляции операционной системы (ОС или OS) DOS, что тоже представляло определенные неудобства при вводе программы в работу, так как QBasic работает в OS DOS.

При использовании программы Matlab все перечисленные неудобства свелись практически на нет. Единственным недостатком программы Matlab, если его можно так назвать, является ее относительно большой размер, который компенсируется имеющимся мощным математическим аппаратом и графическими возможностями при построении различных графиков за-

висимостей, а также развитой базой данных при моделировании структурных схем автоматических систем регулирования (АСР) в Matlab.

Исходными данными для расчета является экспериментальная кривая разгона объекта регулирования в виде табличных данных. По кривой разгона определяются коэффициенты дифференцирования соответствующей передаточной функции объекта.

Большинство объектов регулирования описываются с достаточной точностью передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k e^{-sT}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (1)$$

Для определения параметров передаточной функции необходимо получить расчетную кривую разгона объекта $h_\delta(t)$, максимально приближенную к экспериментальной, то есть провести аппроксимацию расчетной кривой разгона.

Коэффициенты передаточной функции получаются в результате минимизации функции:

$$I = \int (h(t) - h_\delta(t))^2 dt \rightarrow \min_{k, T_1, T_2, T} \quad (2)$$

Где $h(t)$ – значения экспериментальной кривой;
 $h_\delta(t)$ – значения расчетной кривой.

Далее создается Script-файл для решения задачи в командном окне Matlab и в появившемся окне текстового редактора записываем программу:

```
% t – массив моментов времени
% h – массив значений экспериментальной переходной характеристики
% hp – массив значений рассчитанной переходной характеристики
% a – вектор параметров передаточной функции объекта
% a(1)=k, a(2)=t1, a(3)=t2, a(4)=tau
global t h hp
t=0:1:15;
h=[0 0 0.07 0.23 0.43 0.64 0.84 1.03 1.19 1.33 1.45 1.55 1.64 1.71 1.77];
[a,fval] = fminunc(@func,[1 1 2 1])
plot(t,h,'o',t,hp,'-')
```

Сохраняется текст в файле с именем `din_app.m`

Создаем файл-функцию, высчитывающую минимизируемую функцию (2). Текст файл-функции имеет вид:

```
function f=func(a)
global t h hp
y=series(tf([a(1)],[a(2) 1]),tf([1],[a(3) 1]));
y.inputd = a(4);
[hp,t]=step(y,t);
f=sum((h-hp').^2);
```

В этой функции строки

```
y=series(tf([a(1)],[a(2) 1]),tf([1],[a(3) 1]));
y.inputd = a(4);
```

определяют передаточную функцию объекта в соответствии с (1). Здесь $a(1)$, $a(2)$, $a(3)$, $a(4)$ соответственно k , T_1 , T_2 , t .

Строка `[hp,t]=step(y,t);` строит отклик на ступенчатое воздействие.

Последняя строка определяет сумму квадратов невязок между экспериментальной и рассчитанной переходными характеристиками.

Сохраняется текст в файле под именем `func.m`.

В командном режиме запускается на исполнение Script-файл: » `din_app`.

При завершении выполнения этого Script-файла в командном окне Matlab будет отображён результат решения задачи минимизации функции (2) в виде:

```
a = 2.0382 2.4265 4.8308 2.0181
fval = 3.9104e-005
```

Также на графике будут представлены экспериментально снятые точки переходной характеристики и рассчитанная переходная характеристика (рис. 1). Полученная расчетная кривая разгона помечена и на рисунке она практически сливается с экспериментальной. Для рассчитанных параметров далее производится расчет коэффициентов ПИ-регулятора для выбранной степени затухания $\psi = 0,8$ при помощи линии равной степени затухания, рассчитываемой в Matlab.

Для расчёта настроек ПИ-регулятора программа имеет следующий вид:

```
function F
m=0
```

```
m=0.256  
T1=2.43;tau=2.02;k1=2.04;T2=4.83  
i=0;w=0.001;  
while i<=1000  
p=(-m+1i)*w*i;  
i=i+1;  
A=k1*exp(-p*tau)/((T1*p+1)*(T2*p+1));  
AO=1/A;  
c0(i)=w.*i*(m^2+1).*imag(AO);  
c1(i)=m*imag(AO)-real(AO);  
if c0(i)<0  
i=1005;  
end  
end  
plot(c1,c0),  
grid,  
title('График равной степени затухания');  
xlabel('c1');  
ylabel('c0');
```

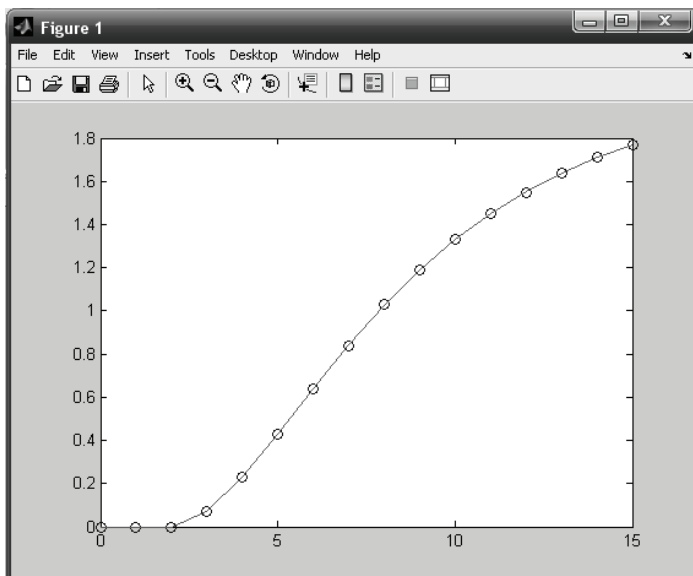


Рис. 1. *Графики экспериментальной и расчетной кривых разгона объекта*

Берется точка, согласно методике расчета, на полученном графике (рис. 2) несколько правее максимума кривой заданного затухания и с помощью программы Matlab, пакета Simulink по модели приведенной на рис. 3 исследуются изменения переходного процесса. Используется приложение из пакета Matlab Simulink Library для построения модели объекта регулирования в виде структурной схемы, последовательно вызывая элементы структуры из окна Simulink Library Browser. Из Continuous выбираем передаточную функцию – Transfer Fon и Transport Delay – блок фиксированной задержки сигнала. Из Sources – Constant – сигнал постоянной величины. Из Sinks – Scope – осциллограф. Из Math Operations – Sum – сумматор.

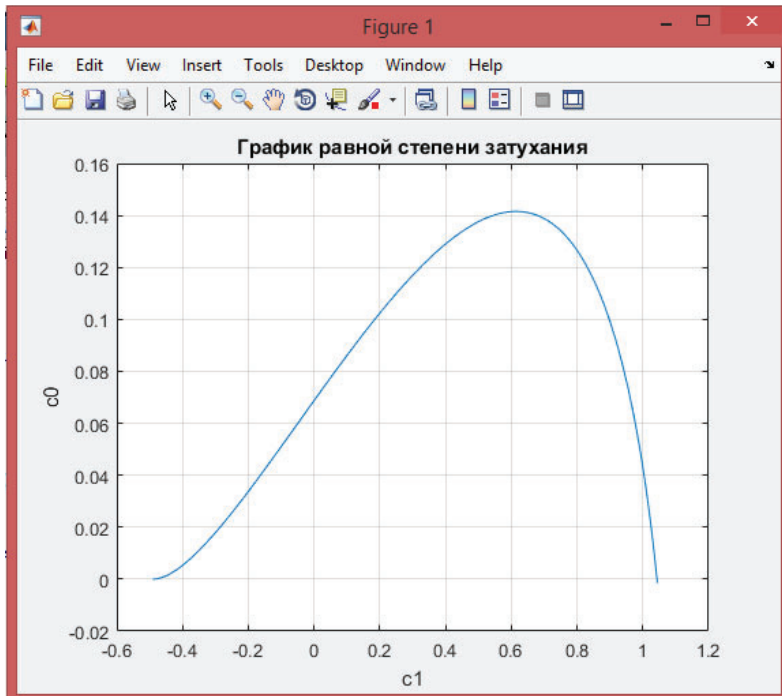


Рис. 2. График линии равной степени затухания

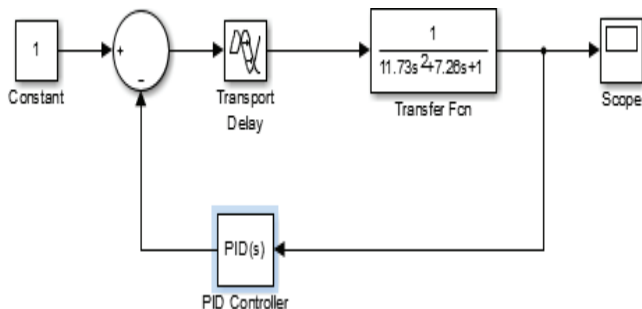


Рис. 3. Модель объекта регулирования

Вводим коэффициенты ПИ регулятора в модель ПИД регулятора (Д – составляющая равна нулю) (рис. 4) и запускаем моделирование. В результате получается график переходного процесса, который имеет сходящийся колебательный характер, типичный для ПИ-регулятора (рис. 5).

При необходимости (в случае не сходимости переходного процесса) есть возможность настроить ПИД регулятор в любую конфигурацию регулятора при помощи кнопки Tune с указанием коэффициентов настройки регулятора.

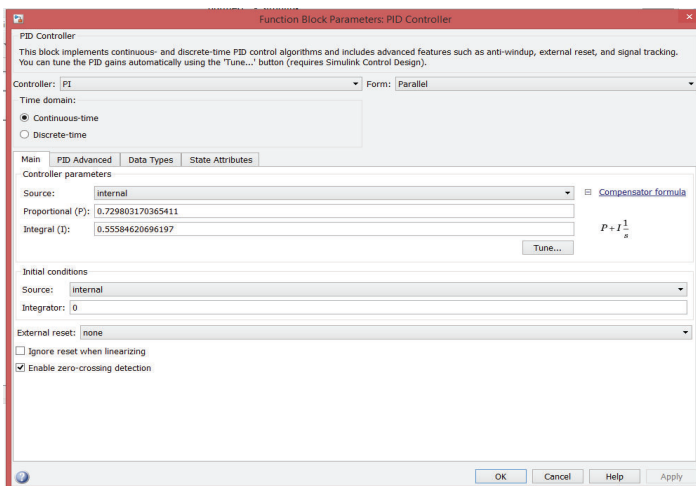


Рис. 4. Окно для выбора типа регулятора
и ввода значений настроек

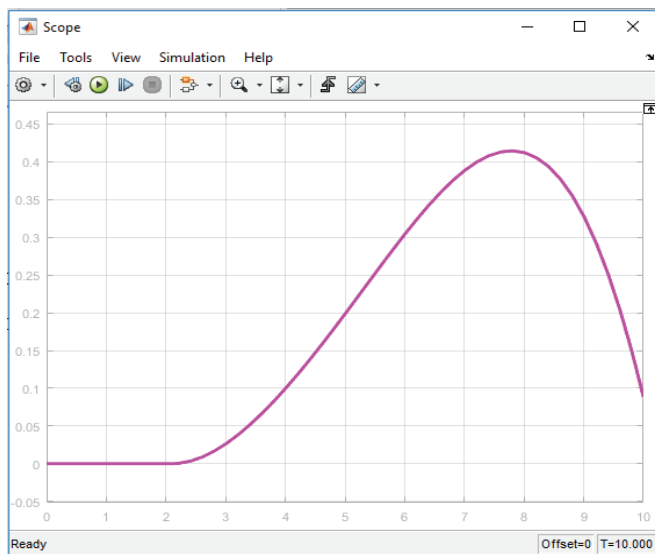


Рис. 5. График переходного процесса объекта регулирования

График переходного процесса показывает также время чистого запаздывания, характерного для инерционного объекта. По графику переходного процесса можно определить, что коэффициенты настройки ПИ-регулятора рассчитаны корректно.

Таким образом, программа Matlab может эффективно использоваться при расчете коэффициентов настройки ПИ-регулятора.

Данная методика расчета коэффициентов ПИ-регулятора используется в расчетной части курсовых проектов и выпускных квалификационных работ студентов бакалавриата кафедры АТПП ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Литература

1. <http://forum.kafedra-appie.ru/index.php?topic=230.0>
2. <https://3minut.ru/images/PDF/2015/18/avtomatizirovannaya-nastrojka.pdf>
3. https://revolution.allbest.ru/radio/00845112_0.html
4. <https://studfile.net/preview/5338113/page:3/>