

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Выполнила: Евдокимова Дарья, 21205

Пусть непрерывная система имеет дробно-рациональную передаточную функцию $W(s) = \frac{b(s)}{a(s)}$. Предполагаем, что она физически реализуема, т. е. $\deg a(s) > \deg b(s)$. Построим соответствующую дискретную систему в нормальной форме первого порядка

$$\begin{cases} v[k+1] = A_d v[k] + B_d u[k], \\ x[k] = C_d v[k]. \end{cases} \quad (5.9)$$

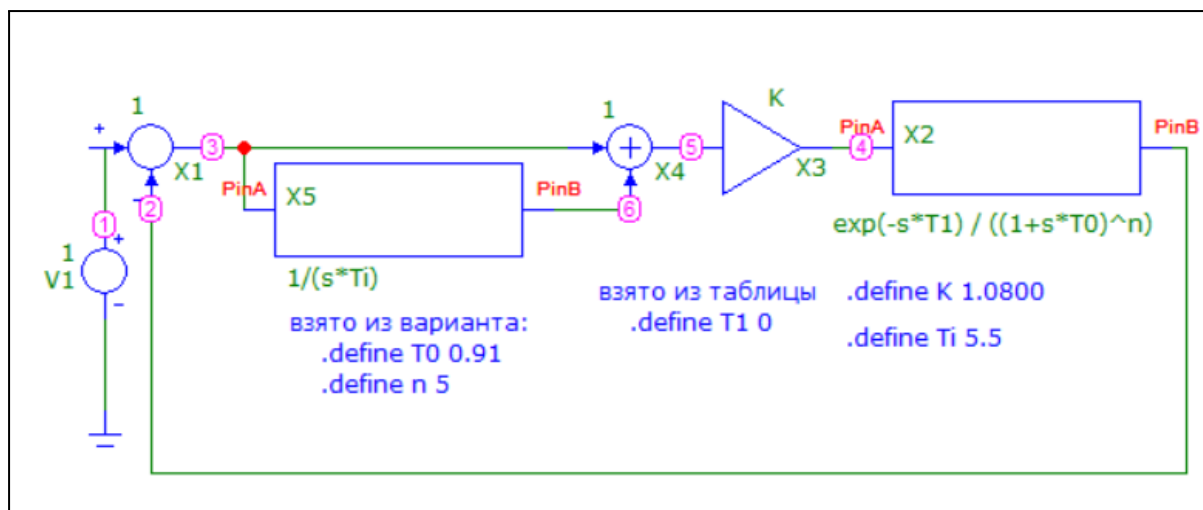
Для вычисления матриц A_d, B_d, C_d в среде Scilab достаточно выполнить последовательность команд:

```
s=poly(0,'s');  
W(s)=2*s/(s^2+2) // передаточная функция  
// Создание записи непрерывной системы:  
Sys=syslin('c',W(s));  
h=0.1; // шаг временной сетки  
Sysd=dscr(Sys,h)  
// Матрицы A, B, C дискретной системы:  
Sysd.A  
Sysd.B  
Sysd.C
```

Время дискретизации $h = T; T/2; T/10; T/100$.

ПИ-рег

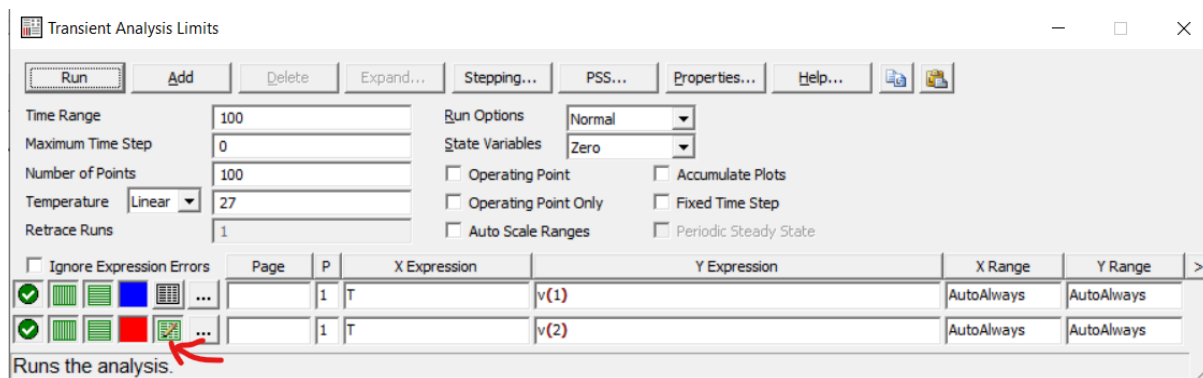
Схема ПИ-регулятора



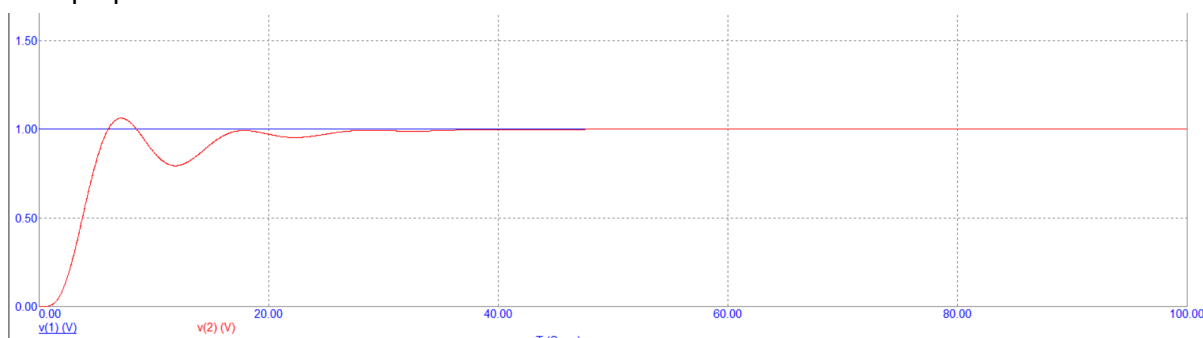
Данные взяты из 1й лабы

Для ПИ-регулятора (покоординатная настройка)					
T1	Kcrit	K = K _H = Kcrit * 0.45	Tкрит	Tи = T _{и,H} = Tкрит/1.2	Ошибка
0.00	2.4	1.0800	6.6000	5.5	5.626

Чтоб данные вывелись в микрокапе, надо нажать сюда



Вот график



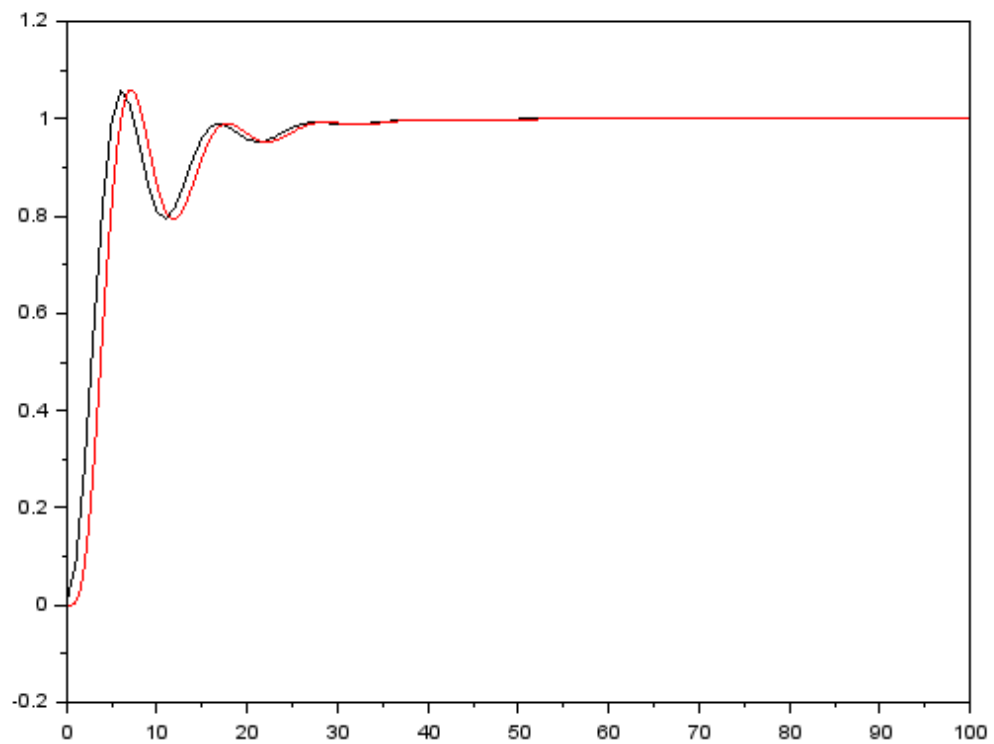


Получим данные, нажав на numeric output . Сохраняем файл в формате .TNO.

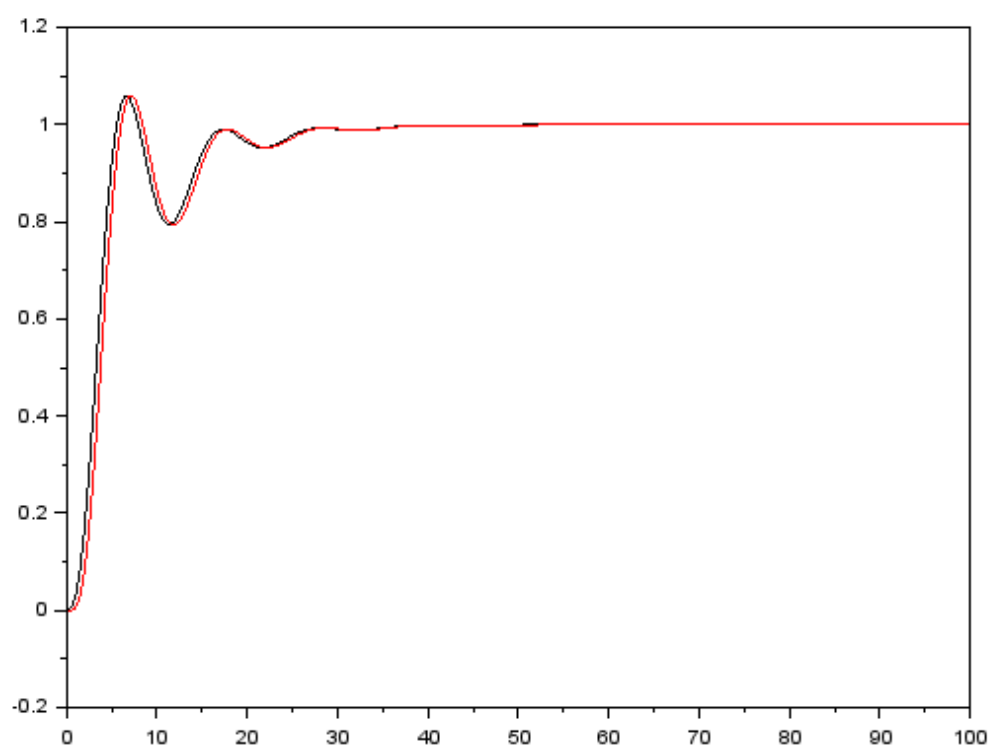
Код представлен ниже.

Графики для ПИ-регулятора

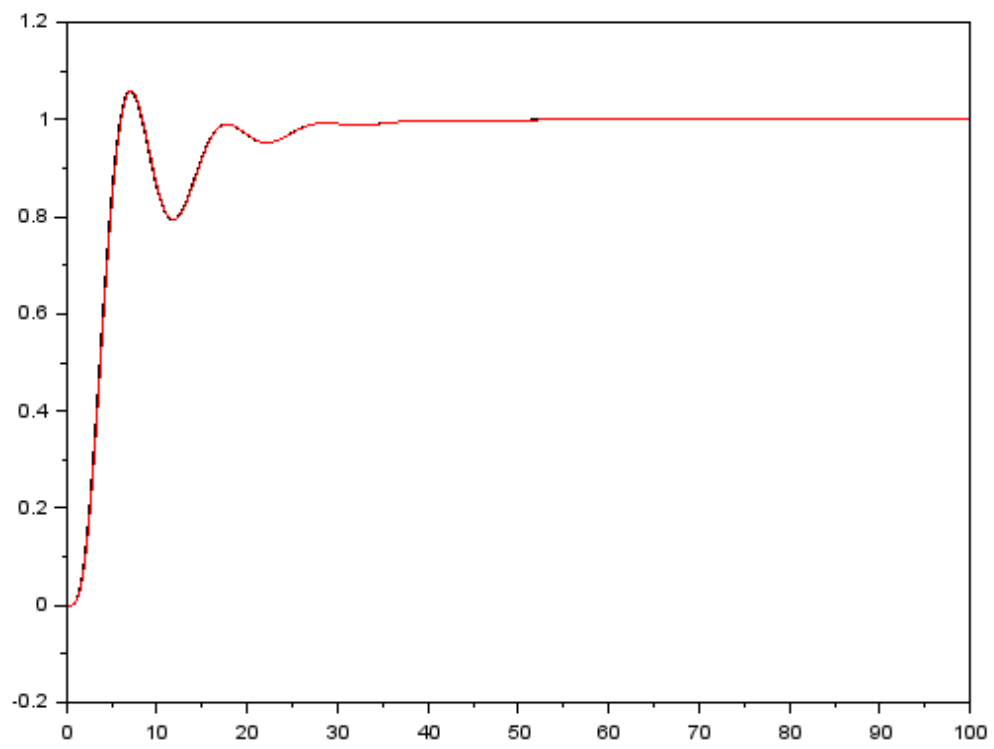
$$h = T$$



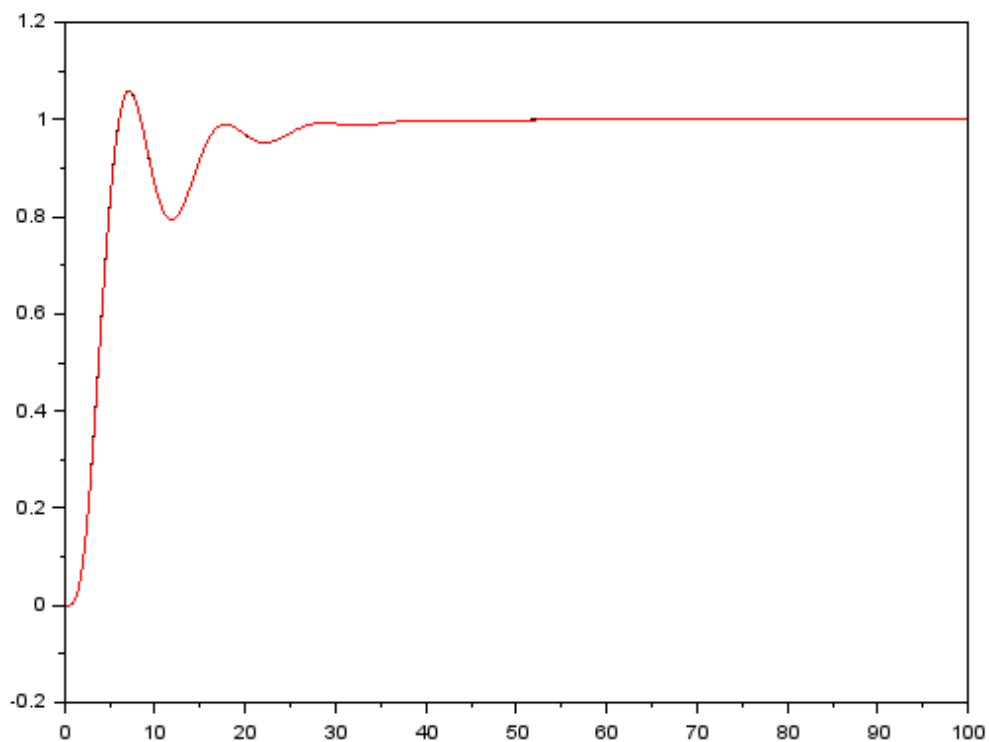
$$h = T/2$$



$$h = T/10$$



$$h = T/100$$



Код ПИ-рег

Для ПИ-регулятора

```
// задаем все необходимые параметры
n = 5;
T0 = 0.91;
K = 1.08;
Ti = 5.5
T1 = 0; // ==> exp(-s*T1) = 1
coef = 1; // этот параметр равен 1, 2, 10, 100 - по зада
h = 1/coef; // шаг временной сетки

s = poly(0, 's'); // задаём полином
Wright = 1 / (1 + s*T0)^n;
Wleft = (1 + 1/(s * Ti)) * K * Wright;
W = Wleft / (1 + Wleft); // передаточная функция всей системы

// создание записи непрерывной системы
```

```

sl = syslin('c', W); // 'c' - for character string
sysD = dscr(sl, h); // h - sampling period (период дискретизации)

// здесь сетка, на кт будем спруить решение
time_max = 100;
t = [0:h:time_max];

//Если x является списком syslin (линейная система в виде
пространства состояний или передаточной форме), то zeros(x)
так же является корректным и возвращает матрицу нулей.

v = zeros(sysD.B); // создаем матрицу, состоящую из нулей (того же
размера, что и sysD.B)
u = ones(t); // создаем матрицу, состоящую из единиц
x = zeros(u);

// дискретная система в нормальной форме 1го порядка
for i=1:length(u)
    v = sysD.A * v + sysD.B;
    x(i) = sysD.C * v;
end
// переходная характеристика системы по дискретной модели
plot(t, x,'black');

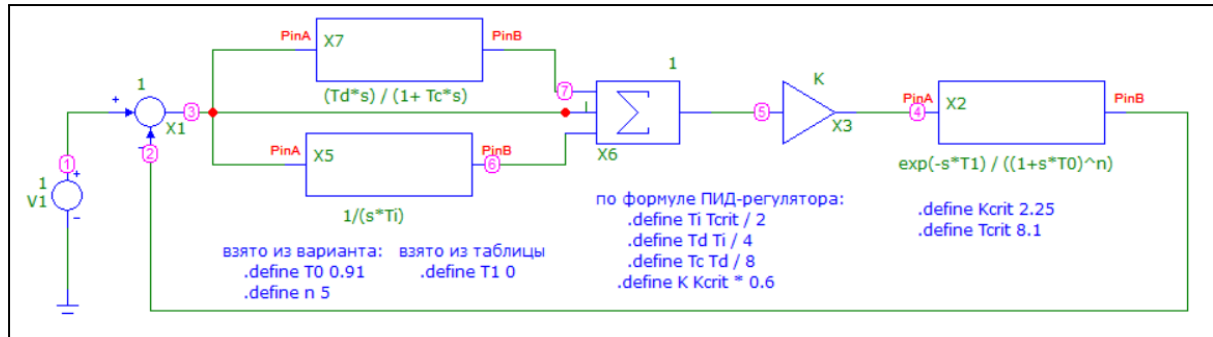
data = fscanfMat("D:\OTY2024\pract4_1\PI-reg.TNO");
// переходная характеристика системы из микрокапа
plot(data(:, 1), data(:, 2), 'red');

// считаем ошибку
y = data(:,2);
err = 0;
tau = h * 100;
for k = 2:length(t)
    err = err + (y((k-1)*tau) - x(k))^2;
end
err = sqrt(err/length(t));
disp(err);

```

ПИД-рег

Схема ПИД-регулятора

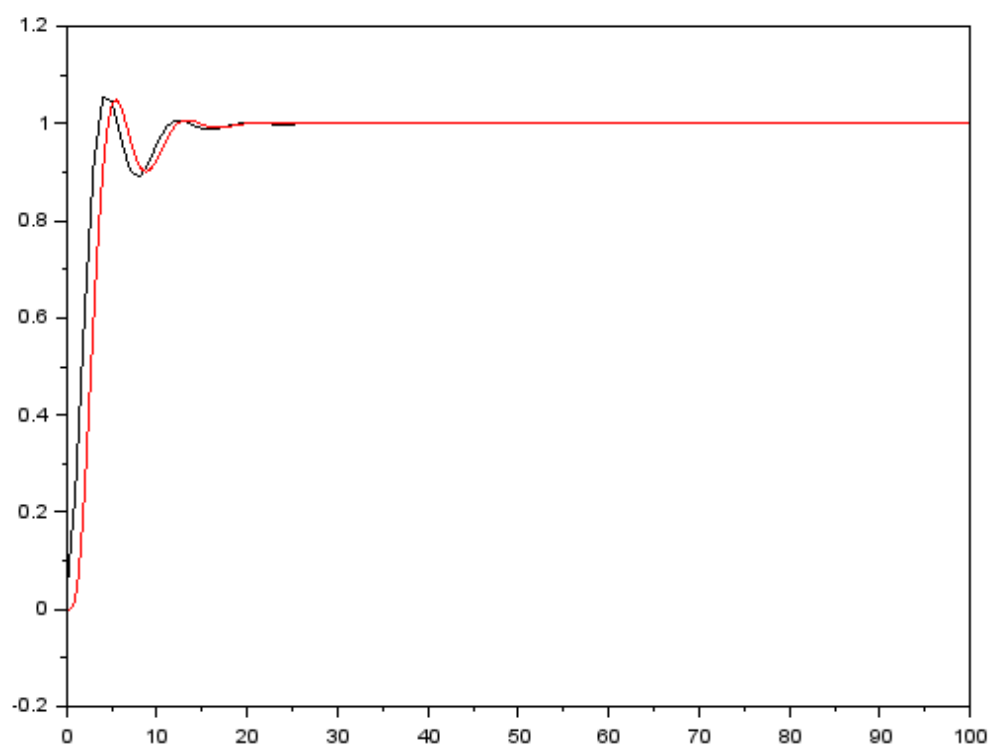


Данные взяты отсюда

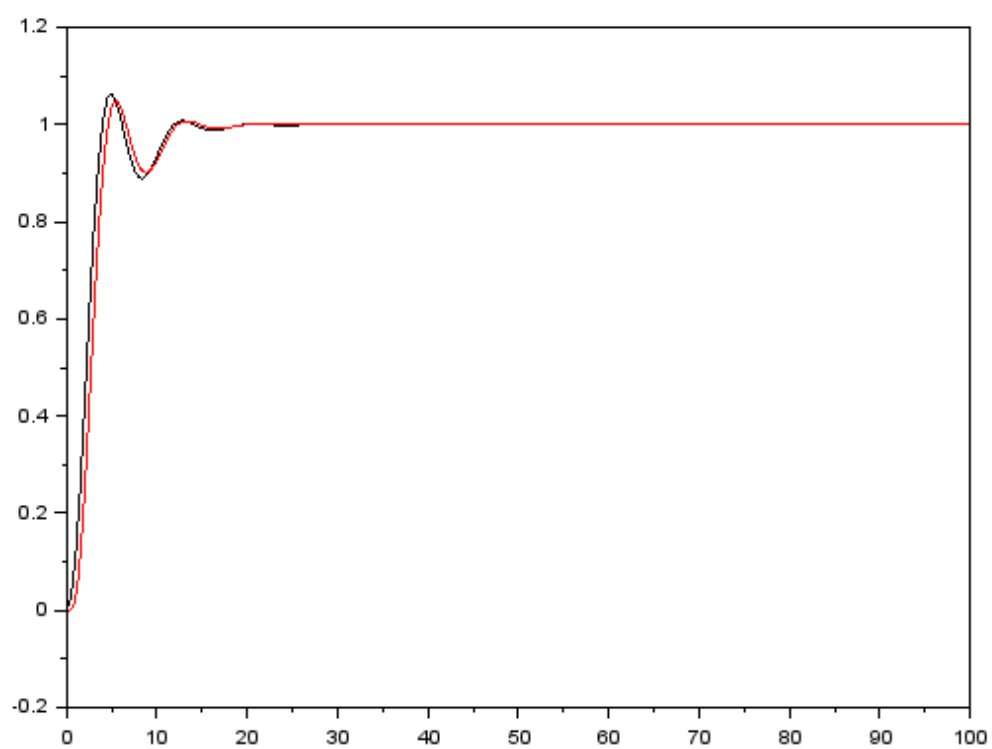
Для ПИД-регулятора (покоординатная настройка)							
T1	Kcrit	K = Kcrit * 0.6	Ткрит	Ти = Ткрит/2	Тд = Ти/4	Тс = Тд/8	Ошибка
0,00	2,25	1,3500	8,1000	4,05	1,0125	0,1265625	3,139

Графики для ПИ-регулятора

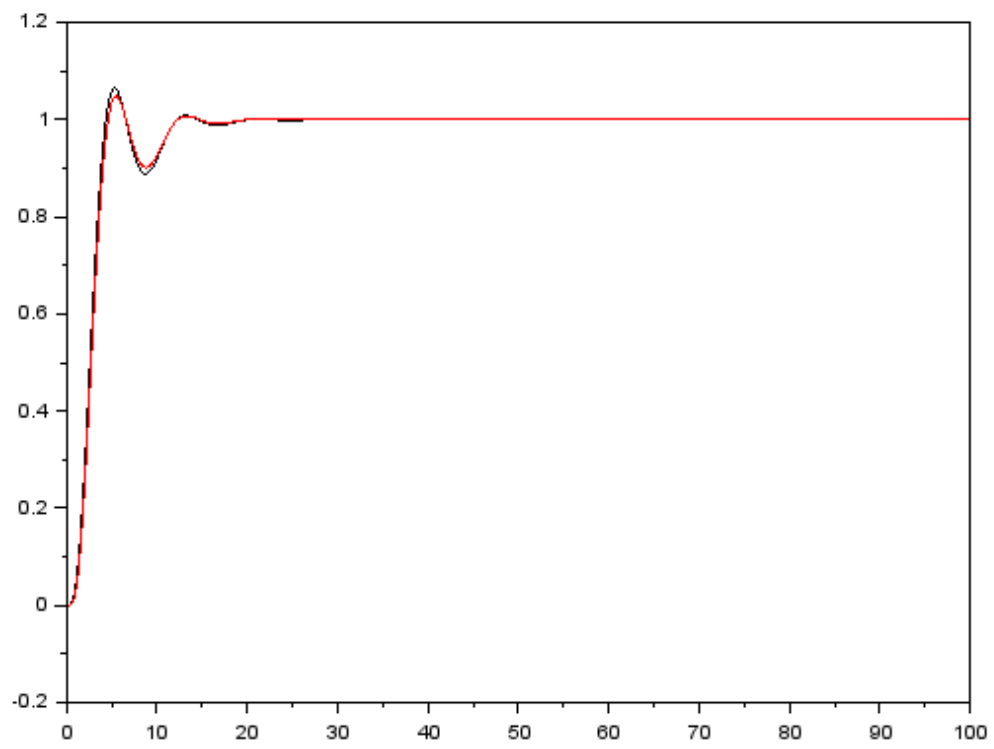
$$h = T$$



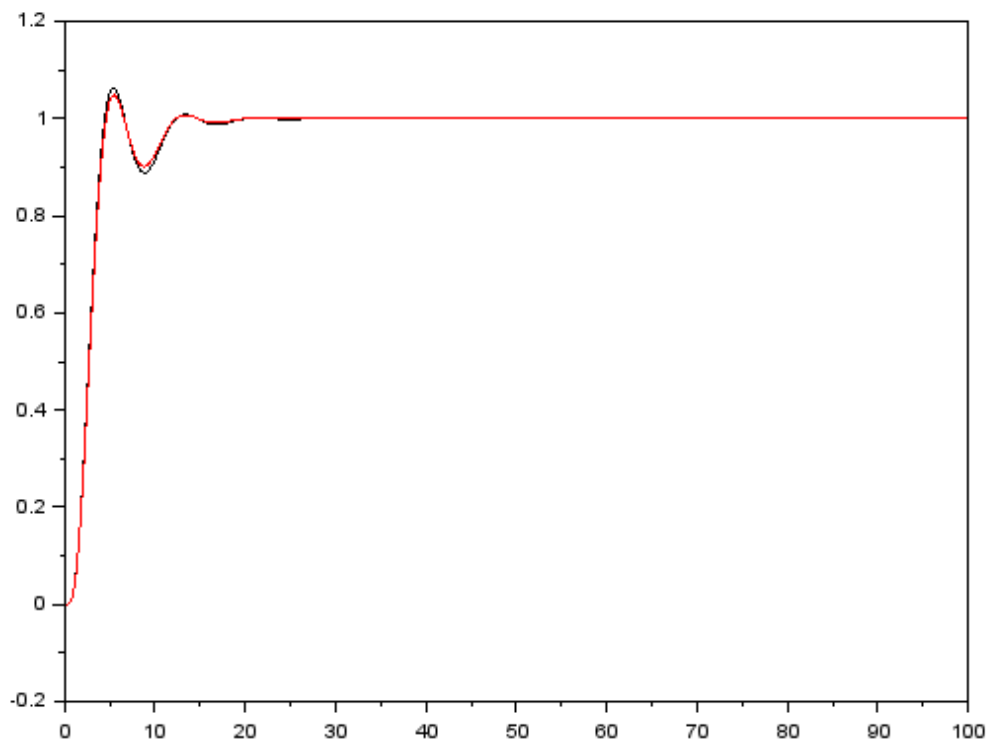
$$h = T/2$$



$$h = T/10$$



$$h = T/100$$



Код ПИД-рег

Для ПИД-регулятора

// задаем все необходимые параметры

$n = 5;$

$T_0 = 0.91;$

$K = 1.35;$

$T_i = 4.05;$

$T_d = T_i/4;$

$T_c = T_d/8;$

$T_1 = 0;$ *// ==> $\exp(-s \cdot T_1) = 1$*

$\text{coef} = 1;$ *// этот параметр равен 1, 2, 10, 100 - по зада*

$h = 1/\text{coef};$ *// шаг временной сетки*

$s = \text{poly}(0, 's');$ *// задаём полином*

$W_{\text{right}} = 1 / (1 + s \cdot T_0)^n;$

$W_{\text{left}} = (1 + 1/(s \cdot T_i) + (T_d \cdot s) / (1 + T_c \cdot s)) \cdot K \cdot W_{\text{right}};$

$W = W_{\text{left}} / (1 + W_{\text{left}});$ *// передаточная функция всей системы*

```

// создание записи непрерывной системы
sl = syslin('c', W); // 'c' - for character string
sysD = dscr(sl, h); // h - sampling period (период дискретизации)

// здесь сетка, на кт будем спруить решение
time_max = 100;
t = [0:h:time_max];

//Если x является списком syslin (линейная система в виде
пространства состояний или передаточной форме), то zeros(x)
так же является корректным и возвращает матрицу нулей.

v = zeros(sysD.B); // создаем матрицу, состоящую из нулей (того же
размера, что и sysD.B)
u = ones(t); // создаем матрицу, состоящую из единиц
x = zeros(u);

// дискретная система в нормальной форме 1го порядка
for i=1:length(u)
    v = sysD.A * v + sysD.B;
    x(i) = sysD.C * v;
end
// переходная характеристика системы по дискретной модели
plot(t, x, 'black');

data = fscanfMat("D:\OTY2024\pract4_1\PID-reg.TNO");
// переходная характеристика системы из микрокапа
plot(data(:, 1), data(:, 2), 'red');

// считаем ошибку
y = data(:,2);
err = 0;
tau = h * 100;
for k = 2:length(t)
    err = err + (y((k-1)*tau) - x(k))^2;
end
err = sqrt(err/length(t));
disp(err);

```

Результаты нормы ошибок

Надо было посчитать ошибку:

$$e \doteq \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [h((k-1)\tau) - h_d[k]]^2},$$

где $h(t)$ — переходная характеристика непрерывного регулятора, вычисленная в Micro-Cap Demo, $h_d[k]$ — переходная характеристика дискретного аналога регулятора, вычисленная в Scilab, τ — шаг временной сетки.

Время дискретизации h	ПИ-регулятор	ПИД-регулятор
T	0.0502419	0.0563164
T/2	0.0255769	0.0296625
T/10	0.0054306	0.0081758
T/100	0.0009205	0.0041616