МИНОБРНАУКИ РОССИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Кафедра САУ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2

по дисциплине «Системы управления с микроконтроллерами»

Тема: Синтез модального цифрового регулятора по алгоритму Фадеева - Ливерье

Вариант 15

Студентка гр. 3492	____________________	Сагаян Т.М.
Преподаватель	____________________	Доброскок Н.А.

Санкт-Петербург

2018

Постановка задачи:

№ вар	Передаточная функция исследуемой системы	Период прерывания T	Желаемый характеристический полином по убывающим степеням z
15	$W(p) = \dfrac{1.5}{(0.1s+1)(0.2s+1)(10s+1)}$	0.4	1.0000 -2.3394 1.8794 -0.5134

Порядок выполнения:

1. Построить в Matlab (с использованием функций tf() ss() и ssdata())модель исходной непрерывной системы в уравнениях состояния (матрицы A, B, C, D).
2. По уравнениям состояния создать в Simulink модель исходной непрерывной системы в виде детализированной структурной схемы (состоящей только из интеграторов и коэффициентов) и построить переходной процесс на единичное ступенчатое воздействие.
3. Произвести дискретизацию уравнений состояния исходной непрерывной системы с заданным периодом прерывания (использовать функции c2d() и ssdata()). Результат – матрицы Ad, Bd, Cd, Dd.
4. По полученным уравнениям состояния цифровой системы создать в Simulink модель цифровой системы в виде детализированной структурной схемы (состоящей только из задержек на период прерывания и коэффициентов) и построить переходной процесс на единичное ступенчатое воздействие.
5. Используя полученные уравнения состояния цифровой системы и заданный желаемый характеристический полином найти матрицу обратных связей Roc (с использованием функций acker() или place()).
6. Найти матрицу замкнутой цифровой системы как Adk = Ad – Bd*Roc.
7. Найти коэффициент в прямой цепи Rп из условия, что установившиеся значения в исходной непрерывной системе и синтезируемой цифровой системе должны совпадать. Установившееся значение в исходной непрерывной системе можно определить по заданной передаточной функции как отношение свободных членов (при s=0). Установившееся значение в синтезируемой системе вычисляется по z-передаточной функции при z=1

   Yуст = Cd*(I – Adk)*Bd*Rп +Dd
8. Матрица Bdk в синтезируемой системе равна Bd*Rп, матрицы Cdk и Ddk равны соответственно Cd и Dd.
9. С использованием полученных Roc и Rп замкнуть систему и построить в Simulink модель цифровой замкнутой системы в виде детализированной структурной схемы (состоящей только из задержек на период прерывания и коэффициентов) и построить переходной процесс на единичное ступенчатое воздействие.

m-файл «Lab1»:

```
W1 = tf(1,[0.1 1])
W2 = tf(1,[0.2 1])
W3 = tf(1,[10 1])
W  = 1.5*W1*W2*W3
[A B C D] = ssdata(W)
SSsys = ss(A, B, C, D)

Td = 0.4;
Dsys = c2d(SSsys,Td)
[Ad Bd Cd Dd] = ssdata(Dsys)

p = [1 -2.3394 1.8794 -0.5134];
Rp = roots(p)
K = place(Ad,Bd,Rp)
Adk = Ad - Bd*K
CL_poly_eig = eig(Adk)
```

m-файл «Fadeev»:

```
% Fadeev - Leverie algorithm
% to find modal controller coefficients
Lab1;
% first determine characteristic polinomial of open-loop system
coefficiants
n = length(Ad)
Q = eye(n)
S = Q*Bd
for i = 1:n
    R = Ad*Q
    f(i) = -trace(R)/i
    Q = R + f(i)*eye(n)
    S = [S Q*Bd]
end
F = [1 f(1) f(2) f(3)]

% check eigen values of Ad matrix and obtained Ch polynom
FRoots = roots(F)
AdRoots = eig(Ad)

e = p(2:end) - F(2:end)
Rfb = e*inv(S(:,1:n))
Adk_fadeev = Ad - Bd*Rfb
CL_fadeev_eig = eig(Adk_fadeev)
```

Результат выполнения программы:

1) модель исходной непрерывной системы в уравнениях состояния (матрицы A, B, C, D)

```
A =
  -15.1000   -6.4375   -0.6250
    8.0000         0         0
         0    1.0000         0

B =
     1
     0
     0

C =
         0         0    0.9375

D =     0
```

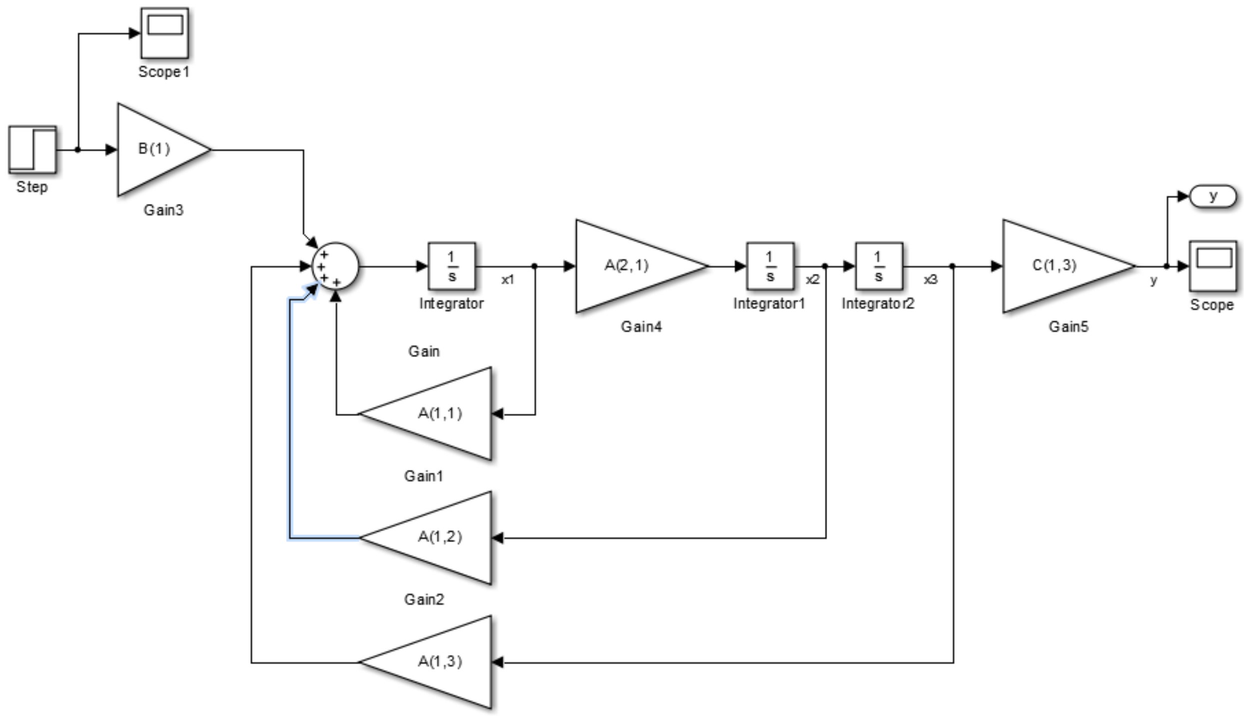

Рис. 1 – Непрерывная модель объекта управления

2) Модель дискретизированной системы с в уравнениях состояния, с периодом дискретизации 0.4.

```
Dsys =

  a =            x1        x2        x3
   x1   -0.1009   -0.1504  -0.01371
   x2    0.1755    0.2304  -0.07326
   x3    0.1172    0.2432     0.985
```

```
b =
         u1
 x1  0.02194
 x2   0.1172
 x3  0.02406

c =
        x1      x2      x3
 y1       0       0  0.9375

d =
     u1
 y1   0
```

Sample time: 0.4 seconds
Discrete-time state-space model.

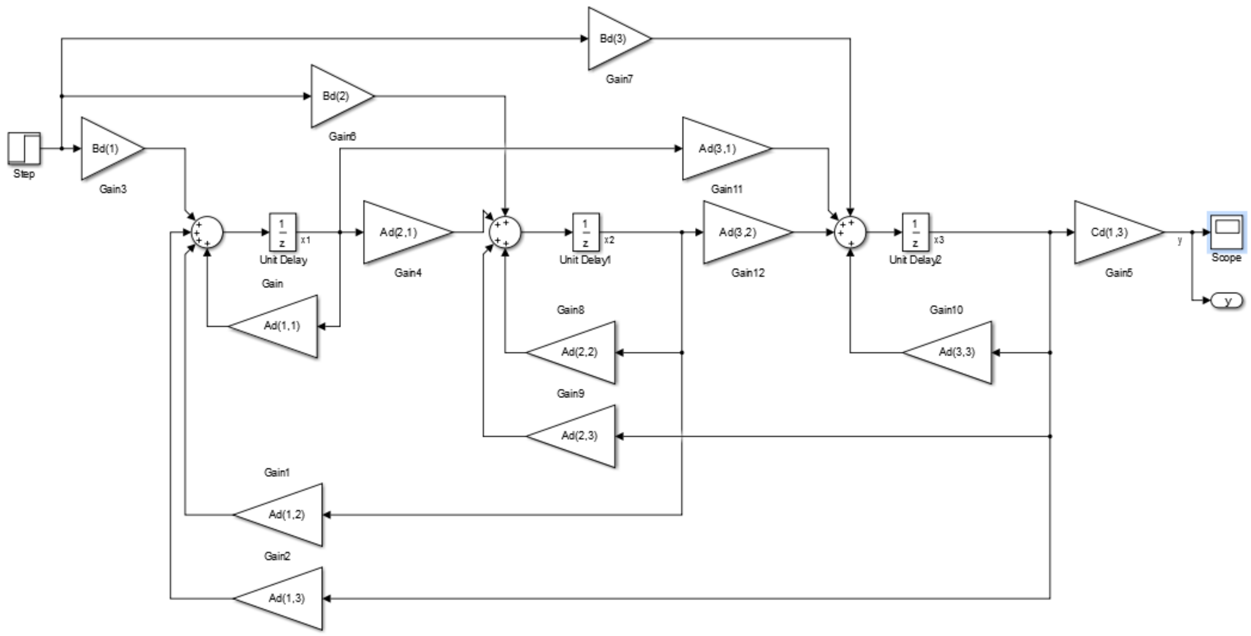

Рис. 2 – Дискретная модель объекта управления

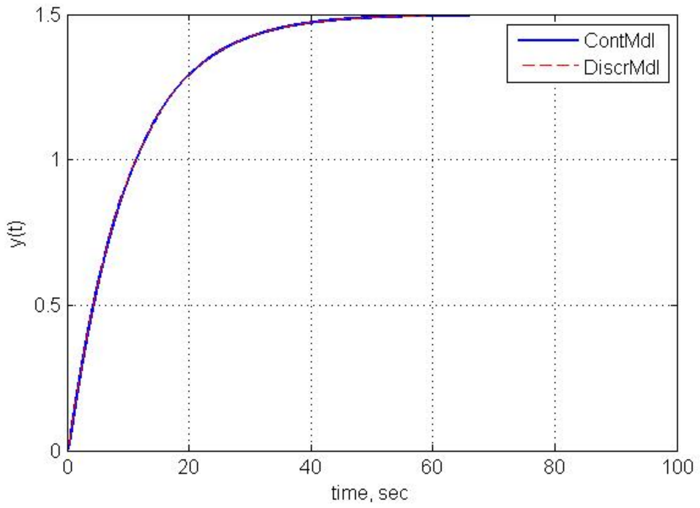

Рис.3 – Переходные характеристики систем с непрерывной и дискретной моделью объекта управления

1. Расчет коэффициентов модального регулятора по алгоритму Фадеева

Порядок системы:
n = 3

Расчет коэффициентов характеристического полинома разомкнутой системы по рекурентной формуле:
$f_i = -\frac{tr(R_i)}{i}, R_i = A * Q_{i-1}, Q_i = R_i + f_i * I, \quad Q_0 = I$

Матрицы Q_{i-1}, R_i, f_i, S_i , полученные на каждом шаге алгоритма приведены в таблице 1.

Таблица 1

i	Q(i-1)	R(i)	F(i)	S
1	$\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 1 & 0 & 1\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}-0.1009 & -0.1504 & -0.0137\\ 0.1755 & 0.2304 & -0.0733\\ 0.1172 & 0.2432 & 0.9850\end{bmatrix}$	-1.1144	$\begin{bmatrix}0.0219\\ 0.1172\\ 0.0241\end{bmatrix}$
2	$\begin{bmatrix}-1.2153 & -0.1504 & -0.0137\\ 0.1755 & -0.8841 & -0.0733\\ 0.1172 & 0.2432 & -0.1295\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}0.0946 & 0.1448 & 0.0142\\ -0.1815 & -0.2479 & -0.0098\\ 0.0157 & 0.0069 & -0.1470\end{bmatrix}$	0.1501	$\begin{bmatrix}0.0219 & -0.0446\\ 0.1172 & -0.1015\\ 0.0241 & 0.0280\end{bmatrix}$
3	$\begin{bmatrix}0.2447 & 0.1448 & 0.0142\\ -0.1815 & -0.0978 & -0.0098\\ 0.0157 & 0.0069 & 0.0032\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}0.0024 & -0.0000 & 0.0000\\ -0.0000 & 0.0024 & -0.0000\\ -0.0000 & 0.0000 & 0.0024\end{bmatrix}$	-0.0024	$\begin{bmatrix}0.0219 & -0.0446 & 0.0227\\ 0.1172 & -0.1015 & -0.0157\\ 0.0241 & 0.0280 & 0.0012\end{bmatrix}$

Характеристический полином разомкнутой системы:
F = [1.0000 -1.1144 0.1501 -0.0024]

Корни ХП р.с. (полученном по алгоритму Фадеева)	Собственные значения матрицы состояния дискретизированной системы (Ad)
$\begin{bmatrix}0.9608\\ 0.1353\\ 0.0183\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}0.0183\\ 0.1353\\ 0.9608\end{bmatrix}$

Желаемый характеристический полином:
p = [1 -2.3394 1.8794 -0.5134]

Собственные значения желаемого полинома:
Rp =

0.8117 + 0.2412i
0.8117 - 0.2412i
0.7159 + 0.0000i

Т.к. вещественные части всех собственных значений меньше единицы, что означает, что они расположены на комплексной плоскости в окружности единичного радиуса и система управления будет устойчива.

Невязка :
e = -1.2250 1.7293 -0.5110

Коэффициенты модального регулятора по алгоритму Фадеева:
$R_{\text{ос}} = E * S^{-1}$, *где* $E = [e1 \quad e2 \quad e3]$

Результат расчета:
Rfb = -26.3227   -5.4979   -0.1255

Матрица состояния замкнутой системы:

Adk_fadeev =

0.4766	-0.0298	-0.0110
3.2610	0.8748	-0.0586
0.7506	0.3755	0.9880

Собственные значения матрицы состояния замкнутой системы управления:

CL_fadeev_eig =

0.7159 + 0.0000i
0.8117 + 0.2412i
0.8117 - 0.2412i

Расчет коэффициентов модального регулятора при помощи функции Matlab *poly*

Коэффициенты обратных связей модального регулятора:

K = -26.3227   -5.4979   -0.1255

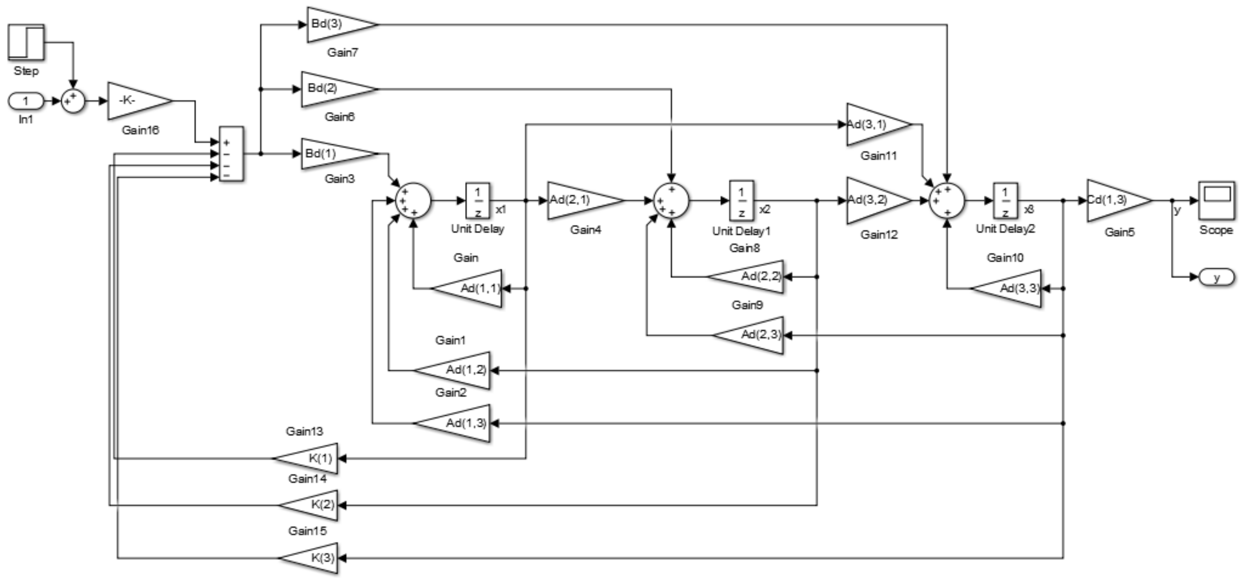

Рис.4 – Дискретизированная модель объекта управления и дискретный контроллер

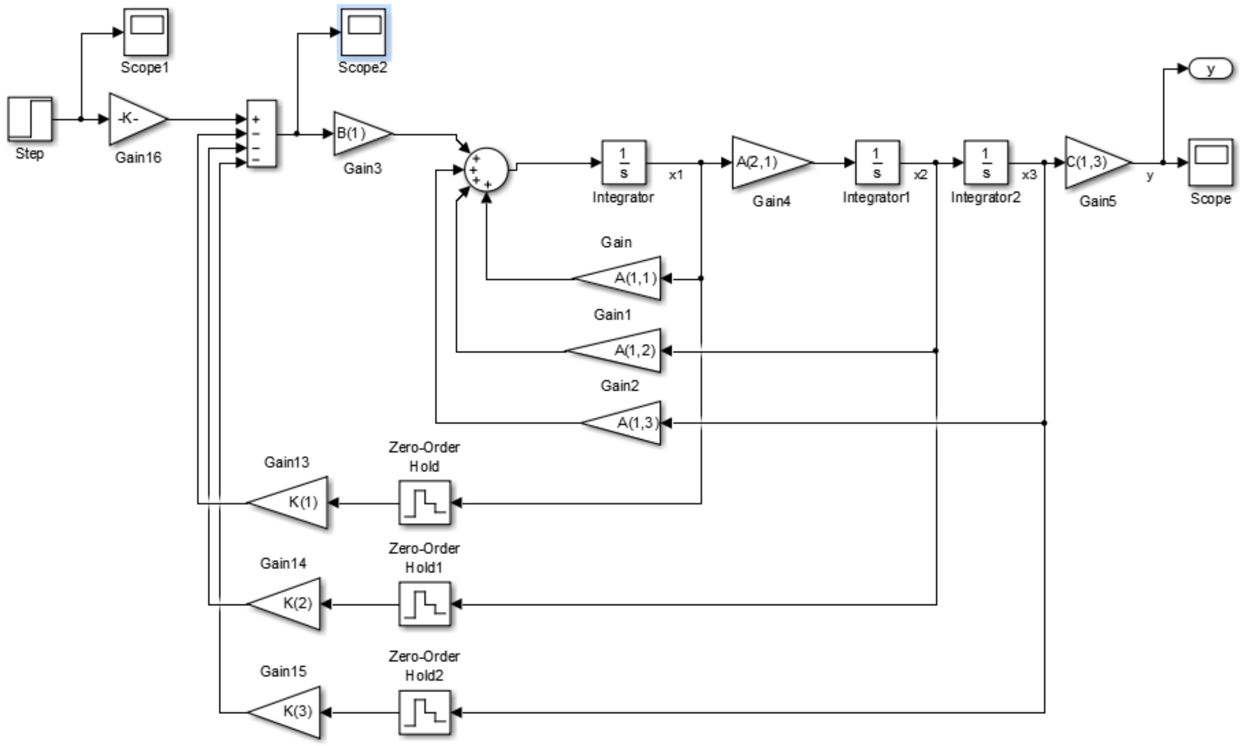

Рис.5 – Непрерывная модель объекта управления и дискретный контроллер

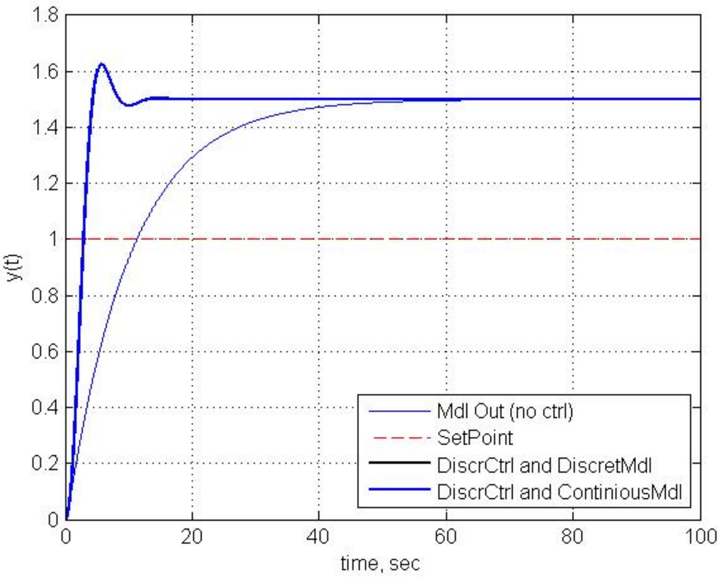

Рис.6 – переходные процессы систем с непрерывной моделью ОУ и дискретным контроллером, дискртизированной моделью ОУ и дискретным контроллером, непрерыной моделью ОУ без регулятора.

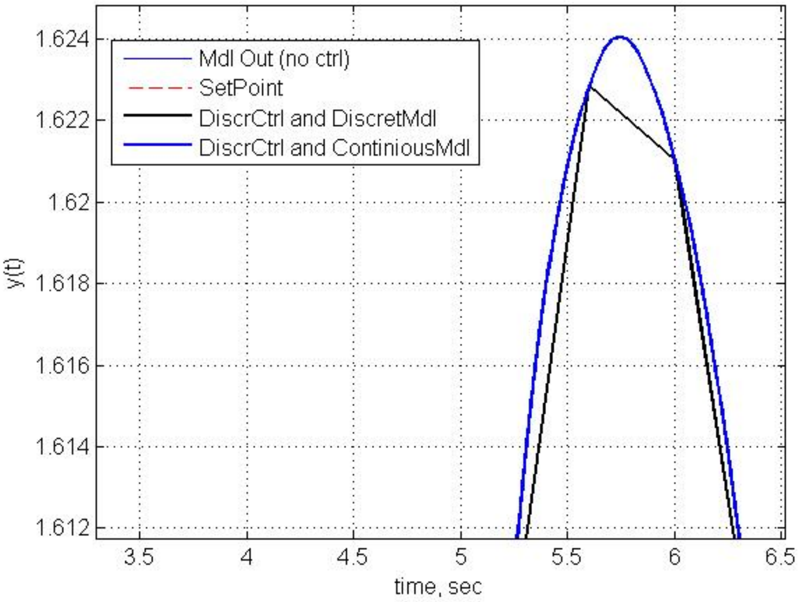

Рис.7 – увеличенный фрагмент рисунка (рис.6)