Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Лабораторная работа №11

**СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВНУТРЕННЕЙ (ВСТРОЕННОЙ) МОДЕЛИ НА БАЗЕ УРАВНЕНИЙ ФРАНКИСА-ДЭВИСОНА**

По предмету:

“Теория автоматического управления”

**Вариант 7**

Выполнили:

Студент группы R33423

Ворков Н.Р

Преподаватель:

Парамонов А.В

г. Санкт-Петербург

2022

**Цель:**

Освоение управления линейными объектами с помощь метода внутренней модели на базе уравнений Франкиса-Дэвисона (комбинированный регулятор, регулятор с прямыми связями)

**Дано:**

Объект управления:

**1.1 Проверка объекта управления на свойство полной управляемости**

*=>пара матриц полностью управляема, т.к. ранг=2*

**1.2 Формирование модели задающего воздействия на основе метода последовательного дифференцирования**

**1.3. Вычисление матрицы Mg и матрицы прямых связей на основе уравнения типа Франкиса-Дэвисона:**

A=[3 4; -2 0];

B=[2; 1];

C=[7 0];

D=[-3];

T=[-13 0; 0 -5];

Tg=[0 1; -1 0];

Hg=[1 0];

H=[1 1];

L\_=[1; 0]

syms m11 m12 m21 m22

Mg=[m11 m12; m21 m22];

syms l11 l12

Lg=[l11 l12];

eqn1 = B\*Lg==Mg\*Tg-A\*Mg;

eqn2 = Hg==C\*Mg+D\*Lg;

sol=solve([eqn1; eqn2], [m11, m12, m21, m22, l11, l12]);

sol\_m11 = double(sol.m11);

sol\_m12 = double(sol.m12);

sol\_m21 = double(sol.m21);

sol\_m22 = double(sol.m22);

Mg=[sol\_m11 sol\_m12; sol\_m21 sol\_m22]

Lg=double([sol.l11 sol.l12])

**1.4. Конструирование эталонной модели по желаемым корням**

*:*

**1.5. Нахождение матрицы и матрицы линейных стационарных обратных связей из уравнений**

A=[3 4; -2 0];

B=[2; 1];

C=[7 0];

D=[-3];

T=[-13 0; 0 -5];

Tg=[0 1; -1 0];

Hg=[1 0];

H=[1 1];

L\_=[1; 0]

syms p11 p12 p21 p22

M=[p11 p12; p21 p22];

syms k11 k12

K=[k11 k12];

eqn1 = B\*H==M\*Tg-A\*M;

eqn2 = K==-H\*inv(M);

sol=solve([eqn1; eqn2], [p11, p12, p21, p22, k11, k12]);

sol\_p11 = double(sol.p11);

sol\_p12 = double(sol.p12);

sol\_p21 = double(sol.p21);

sol\_p22 = double(sol.p22);

sol\_k11 = double(sol.k11);

sol\_k12 = double(sol.k12);

M=[sol\_p11 sol\_p12; sol\_p21 sol\_p22]

K=[sol\_k11 sol\_k12]

**1.6. Вычисление собственных чисел матрицы замкнутой системы и сравнение их с корнями требуемого характеристического полинома**

eig(A-B\*Kn)

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

**1.7. Для наблюдателя состояния сигнала задания описание определяется матрицей , которая строится на основе требуемых показателей качества**

*Поскольку желаемое перерегулирование меньше 4.5% используем полином Ньютона:*

*Проверим полученные матрицы на полную управляемость:*

*Данная матрица имеет ранг 2 следовательно пара , полностью управляема.*

**1.8. При синтезе наблюдателя состояния сигнала задания решается матричное уравнение типа Сильвестра вида**

A=[3 4; -2 0];

B=[2; 1];

C=[7 0];

D=[-3];

T=[-13 0; 0 -5];

Tg=[0 1; -1 0];

Hg=[1 0];

H=[1 1];

L\_=[1; 0]

G=[0 -4.8/0.7\*4.8/0.7; 1 -2\*4.8/0.7]

Mg\_=sylvester(-G, Tg, L\_\*Hg)

**1.9. Вычисление корней характеристического полинома матрицы и сравнение их с корнями требуемого характеристического полинома**

eig(G)

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

double(solve(x^2+2\*4.8/0.7\*x+4.8/0.7\*4.8/0.7==0))

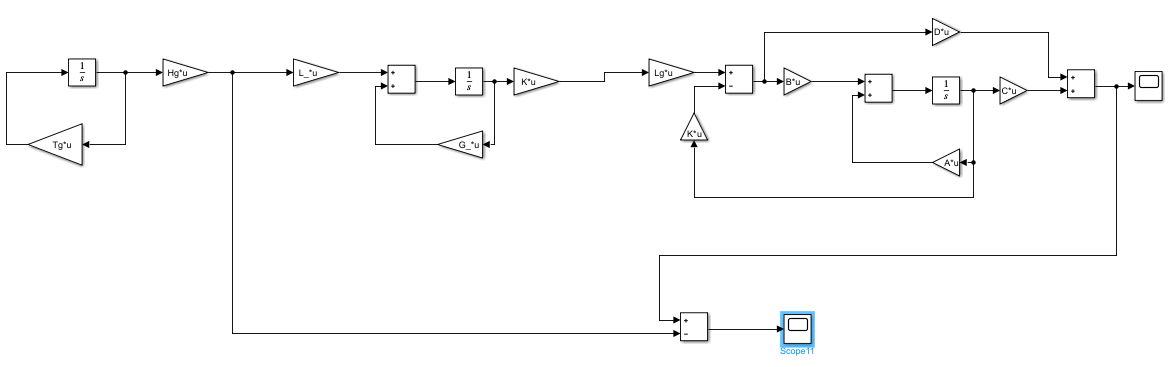
Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

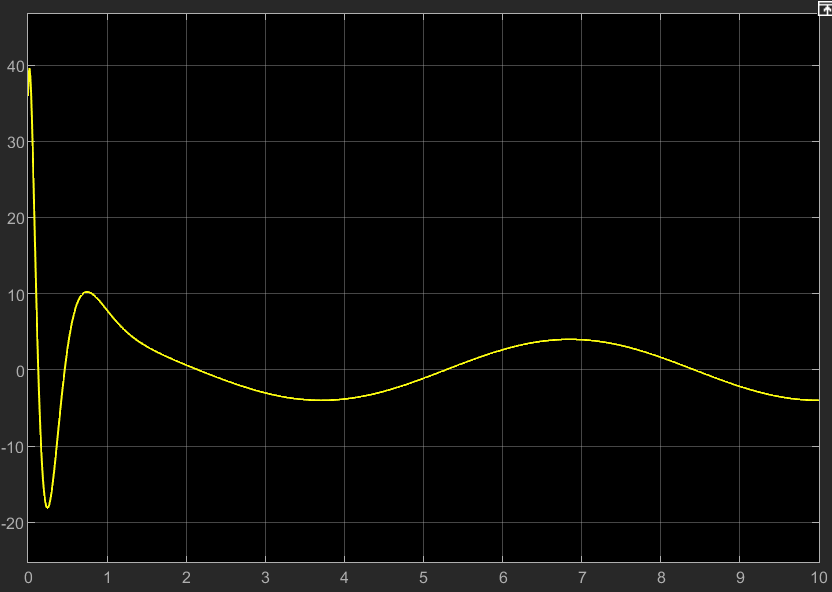
Корни совпадают, значит матрица G построена верно!

**1.10. Моделирование системы слежения**

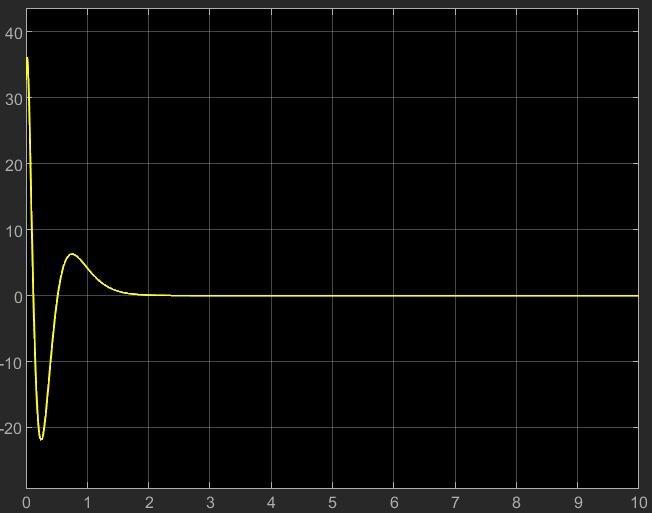
Схема моделирования:



Выход системы:



Установившаяся ошибка:



**2.1. Проверка объекта управления на свойства полной управляемости и наблюдаемости**

Проверка на полную управляемость

Так как ранг равен двум, то пара матриц управляема

Проверка на полную наблюдаемость

Так как ранг равен двум, то пара матриц наблюдаема

**2.2. Формирование модели возмущающего воздействия на основе метода последовательного дифференцирования в виде**

**2.3. Расчёт матриц из совместного решения двух векторно-матричных уравнений Франкиса-Дэвисона**

Bf=[5; 6];

Tf=[0 1; -1 0];

Hf=[1 0];

syms m11 m12 m21 m22

Mf=[m11 m12; m21 m22];

syms l11 l12

Lf=[l11 l12];

eqn1 = B\*Lf==Mf\*Tf-(A-B\*K)\*Mf-Bf\*Hf;

eqn2 = (C-D\*K)\*Mf+D\*Lf==0;

sol=solve([eqn1; eqn2], [m11, m12, m21, m22, l11, l12]);

sol\_m11 = double(sol.m11);

sol\_m12 = double(sol.m12);

sol\_m21 = double(sol.m21);

sol\_m22 = double(sol.m22);

Mf=[sol\_m11 sol\_m12; sol\_m21 sol\_m22]

Lf=double([sol.l11 sol.l12])

Изображение выглядит как текст

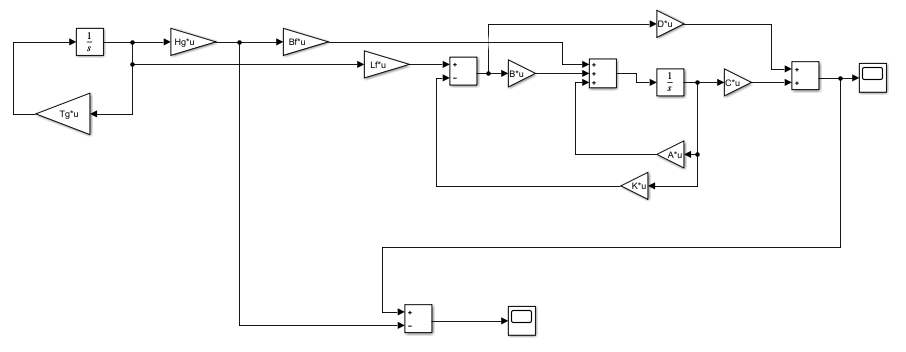
Автоматически созданное описание

**2.4. Конструирование эталонной модели по желаемым корням и нахождение матрицы и матрицы линейных стационарных обратных связей**

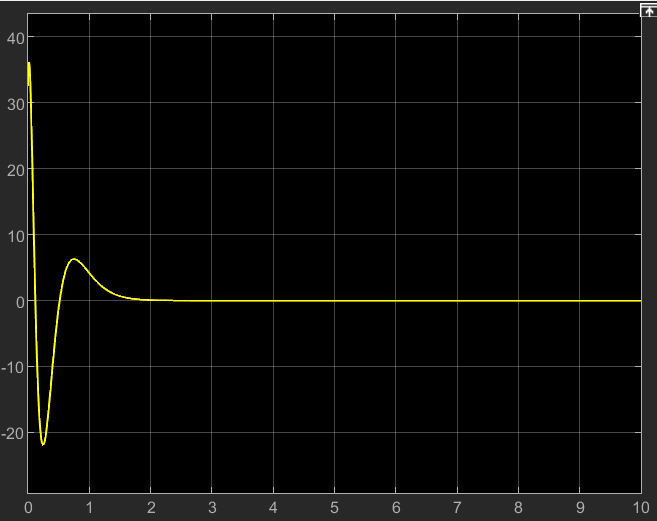
Из пункта 1.4:

**2.5 Моделирование системы компенсации**

Модель системы

**

*Выход системы*

**

*Выход системы сходится в ноль, значит система промоделирована верно*

**2.6. По требуемым показателям качества пн и σН назначаются коэффициенты требуемого характеристического полинома, предназначенных для синтеза наблюдателя**

Так как требуется нулевое перерегулирование, для поиска коэффициентов матрицы Г необходимо использовать полином Ньютона. Тогда характеристический полином расширенной матрицы эталонной модели будет выглядеть следующим образом:

**2.7. Для расширенного наблюдателя, описание которого определяется матрицей , назначаются матрицы эталонной модели и , матрица определяется 11 на основе требуемых корней или коэффициентов требуемого характеристического**

**2.8. Решение задачи синтеза расширенного наблюдателя состоит в решении матричного уравнения типа Сильвестра**

;

A\_=[Tf zeros(2, 2); Bf\*Hf A];

C\_=[zeros(1, 2) C];

Tn\_=[-6.87 1 0 0; 0 -6.87 1 0; 0 0 -6.87 1; 0 0 0 -6.87];

Hn\_=[1 0 0 0]

Mn\_=sylvester(-A\_', Tn\_, C\_'\*Hn\_)

L\_=(-Hn\_\*inv(Mn\_))'

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

**2.9. Вычисление корней характеристического полинома матрицы или и сравнение их с корнями требуемого характеристического полинома**

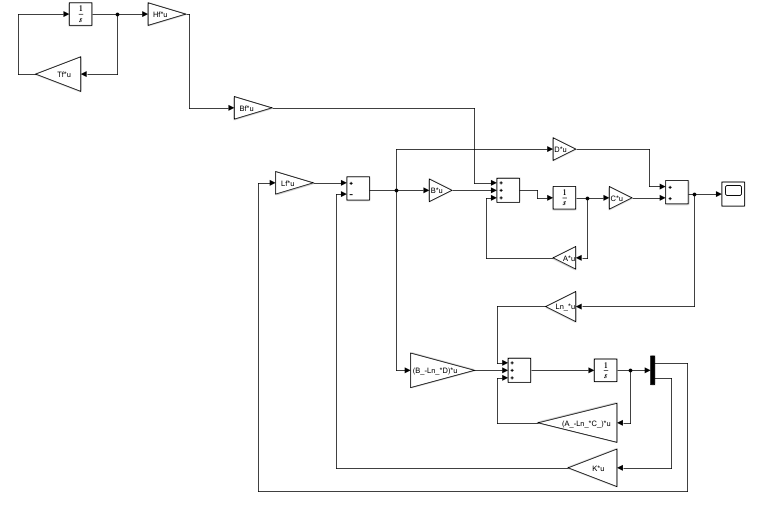
Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

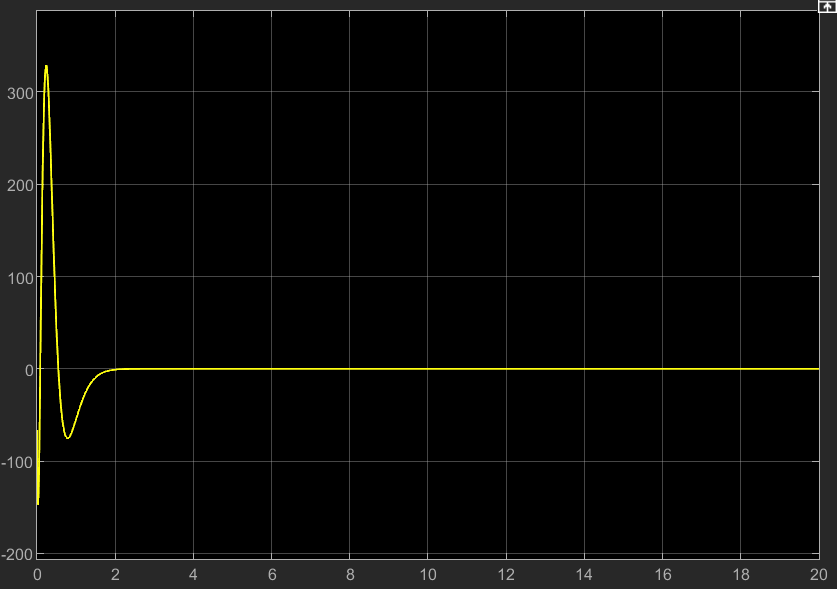
Собственные числа матрицы G\_ полностью совпали с корнями характеристического полинома, Следовательно Матрица G\_ вычислена верно.

**2.10. Моделирование системы компенсации с наблюдателем возмущений**

Модель системы

**

*Выход системы*

**

*Выход системы сходится в ноль, значит система промоделирована верно*

**3.1. Проверка объекта управления на свойства полной управляемости и наблюдаемости**

Выполнено в пункте 2.1

**3.2. Формирование модели возмущающего воздействия на основе метода последовательного дифференцирования**

Выполнено в пункте 2.2

**3.3. Расчёт матриц и из совместного решения двух векторно-матричных уравнений Франкиса-Дэвисона**

A=[3 4; -2 0];

B=[2; 1];

C=[7 0];

D=[-3];

T=[-13 0; 0 -5];

Tg=[0 1; -1 0];

Hg=[1 0];

H=[1 1];

L\_=[1; 0]

Bf=[5; 6];

Tf=[0 1; -9 0];

Hf=[1 0];

G\_=[0 1; -4.8/0.7\*4.8/0.7 -2\*4.8/0.7]

syms m11 m12 m21 m22 l1 l2;

Mf\_O = [m11 m12; m21 m22];

Lf\_O = [l1 l2];

eqn1 = B\*Lf\_O == Mf\_O\*Tf - (A - B\*K)\*Mf\_O;

eqn2 = (C - D\*K)\*Mf\_O + D\*Lf\_O + Hf == 0;

sol = solve([eqn1; eqn2], [m11, m12, m21, m22, l1, l2]);

m11Sol = double(sol.m11);

m12Sol = double(sol.m12);

m21Sol = double(sol.m21);

m22Sol = double(sol.m22);

l1Sol = double(sol.l1);

l2Sol = double(sol.l2);

Mf\_O = [m11Sol m12Sol; m21Sol m22Sol]

Lf\_O = [l1Sol l2Sol]

Изображение выглядит как текст

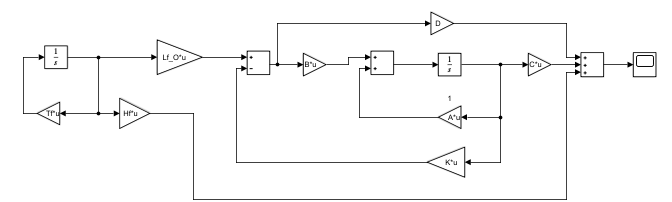
Автоматически созданное описание

**3.4. Конструирование эталонной модели по желаемым корням и нахождение матрицы и матрицы линейных стационарных обратных связей**

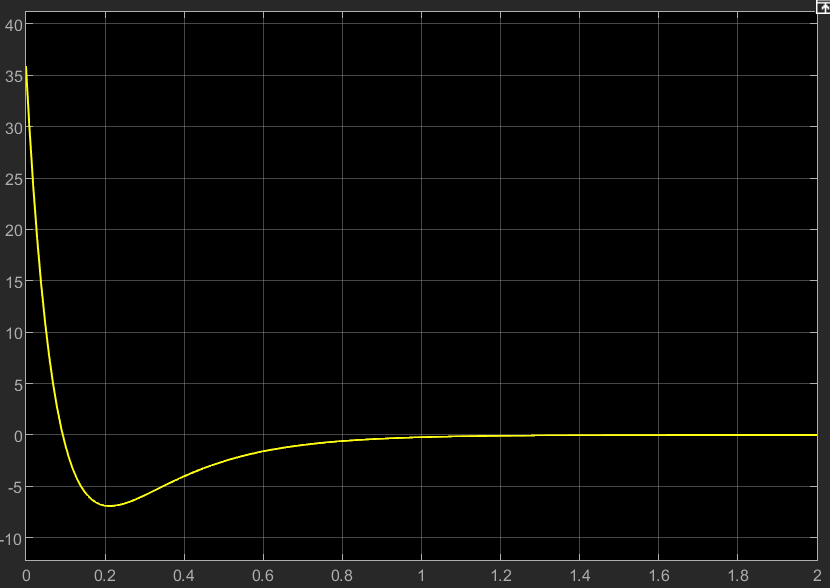
Выполнено в пункте 2.4

**3.5. Моделирование системы компенсации**

Модель системы с компенсацией



Выход системы



*Выход системы сходится в ноль, значит система промоделирована верно*

**3.6. По требуемым показателям качества пн и σН назначаются коэффициенты требуемого характеристического полинома, предназначенных для синтеза наблюдателя**

Так как требуется нулевое перерегулирование, для поиска коэффициентов матрицы Г необходимо использовать полином Ньютона. Тогда характеристический полином расширенной матрицы эталонной модели будет выглядеть следующим образом:

**3.7. Для редуцированного наблюдателя возмущения описание определяется матрицей , которая строится на основе требуемых корней или коэффициентов характеристического полинома.**

**3.8. При синтезе редуцированного наблюдателя возмущения решается матричное уравнение типа Сильвестра вида**

Mf\_ = sylvester(-G\_,Tf,L\_\*Hf);

invMf\_=inv(Mf\_);

syms c1 c2;

C\_ = [c1 c2];

Bf

eqn = C\_\*Bf == 1;

sol = solve(eqn, [c1, c2]);

c1\_sol = double(sol.c1);

c2\_sol = double(sol.c2);

C\_ = [c1\_sol c2\_sol]

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

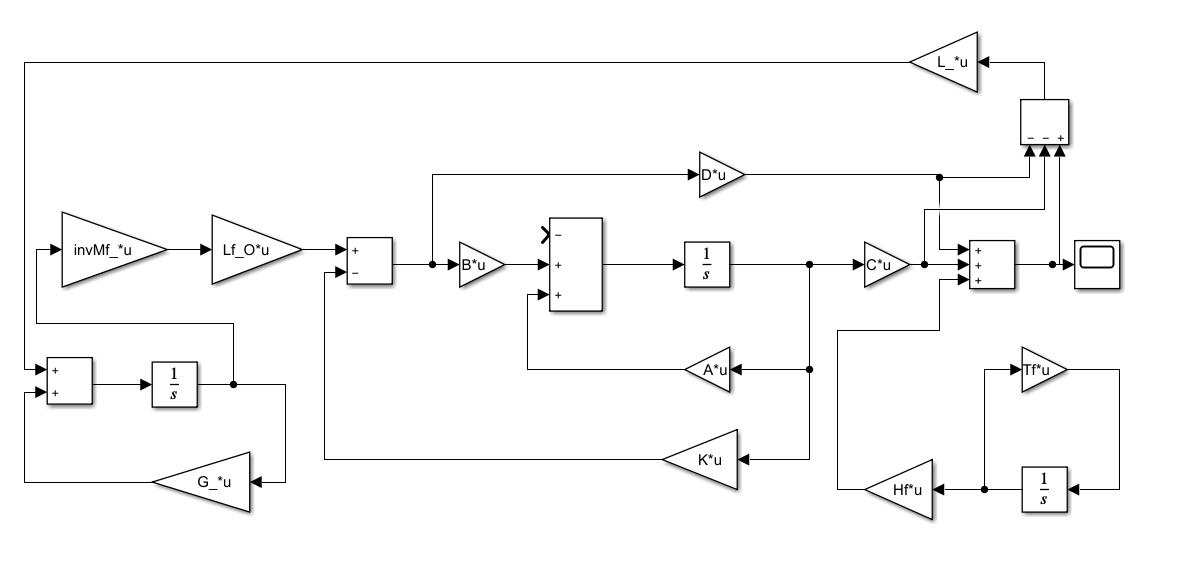
**3.9. Вычисление корней характеристического полинома матрицы и сравнение их с корнями требуемого характеристического полинома**

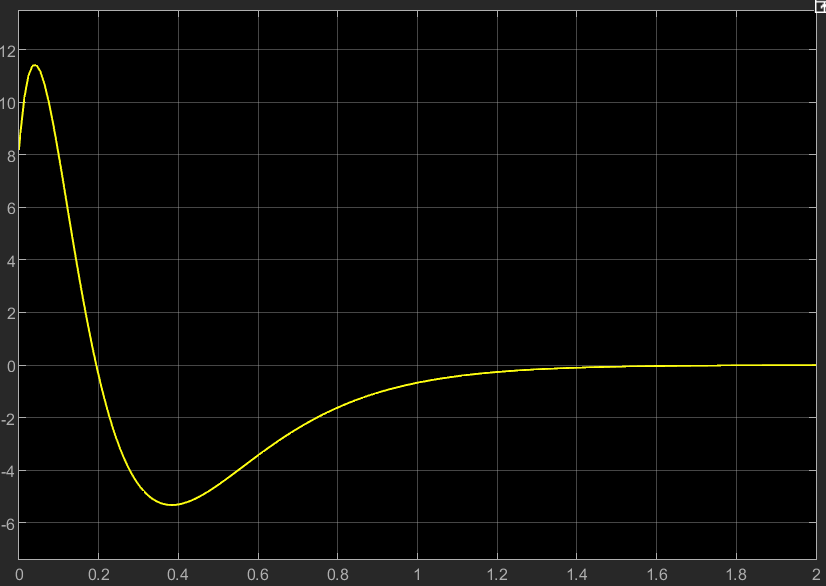
Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Данные корни совпадают с корнями характеристического полинома из пункта 3.6

**3.10. Моделирование системы компенсации с наблюдателем возмущений**





*Выход системы сходится в ноль, значит система промоделирована верно*

**Вывод:**

В ходе выполнения данной лабораторной работы был изучен способ стабилизации системы при наличии возмущений по входу и по выходу с помощью применения метода Франкиса-Девисона. В ходе лабораторной работы был применен и редуцированный и расширенный наблюдатель.