

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра САУ

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 4
по дисциплине «Нелинейное и адаптивное управление в технических
системах»
ТЕМА: СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ДВУХМАССОВОГО УПРУГОГО
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Вариант 1

Студент гр. 9492

Викторов А.Д.

Преподаватель

Нгуен Зуи Хань

Санкт-Петербург

2024

Цель работы: овладение навыками исследования электромеханических систем с адаптивно-модальным управлением, исследование эффективности адаптивно-модального управления при изменении параметров объекта уравнения.

Вариант задания

$$p = 0.5 \text{ Нм / рад}, J_2 = 0.1 \text{ кгм}^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_2 = \frac{1}{J_2} m_y, \\ m_y = p(\omega_1 - \omega_2), \\ \omega_1 = \frac{k_m}{J_1} i - \frac{1}{J_1} m_y, \\ t = \frac{1}{L} (u_\Sigma - k_e \omega_1 - Ri), \\ u_\Sigma = u_0 + u_l + u_a, \end{array} \right. \quad (4.1)$$

Ход работы

1. Построим и исследуем моделированием объект управления с заданными параметрами p и J_2 .

Для исследования будем использовать скрипт, приведенный в приложении.

В работе использована схема системы, приведенная на рисунке 1.

В результате моделирования объекта управления получен график переходного процесса на рис. 2.

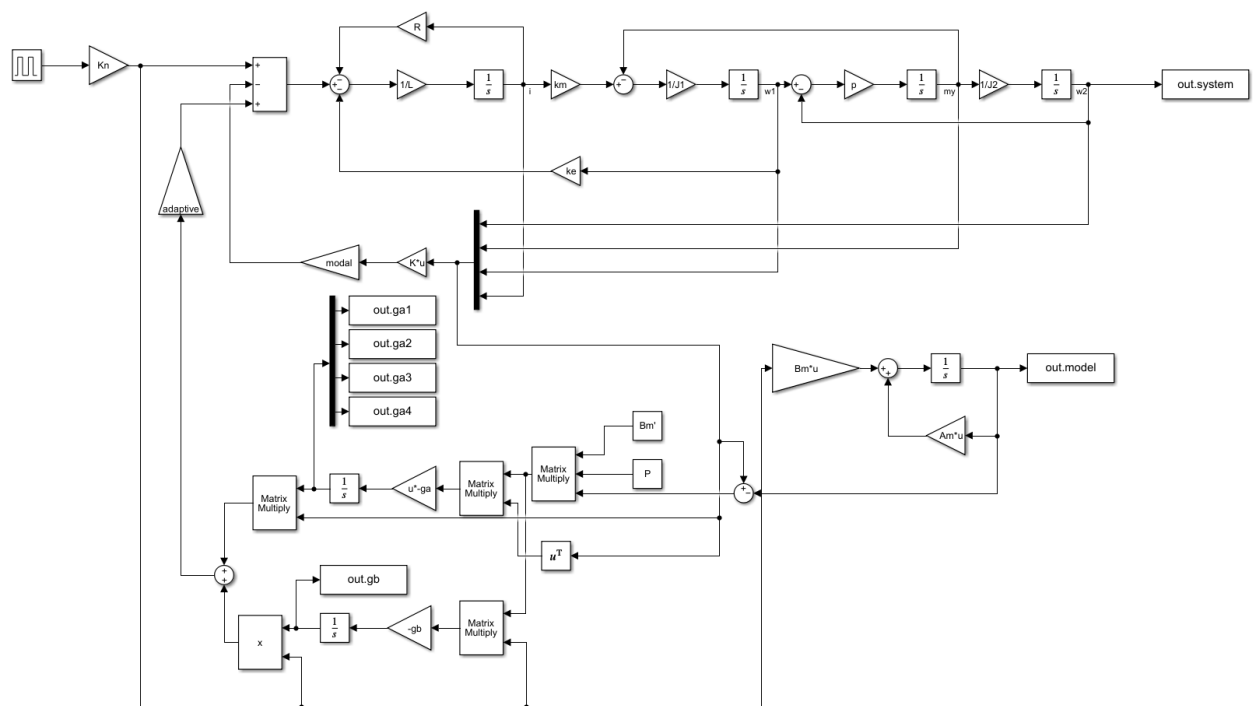


Рисунок 1 - Общая схема системы управления

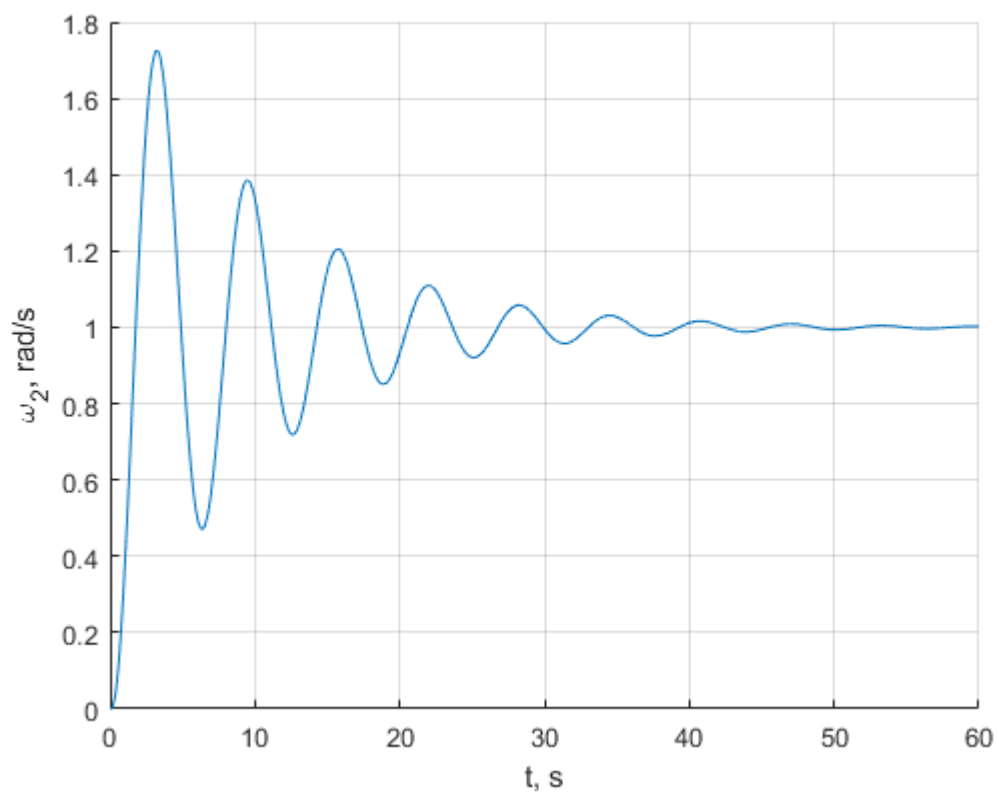


Рисунок 2 - Переходный процесс ОУ

2. Построим модальное управление и исследуем систему при замыкании обратных связей модального управления по переменным состояния объекта управления при номинальных параметрах и при изменении параметров p и J_2 в 3 раза.

Полученные в результате графики переходных процессов представлены на рис. 3.

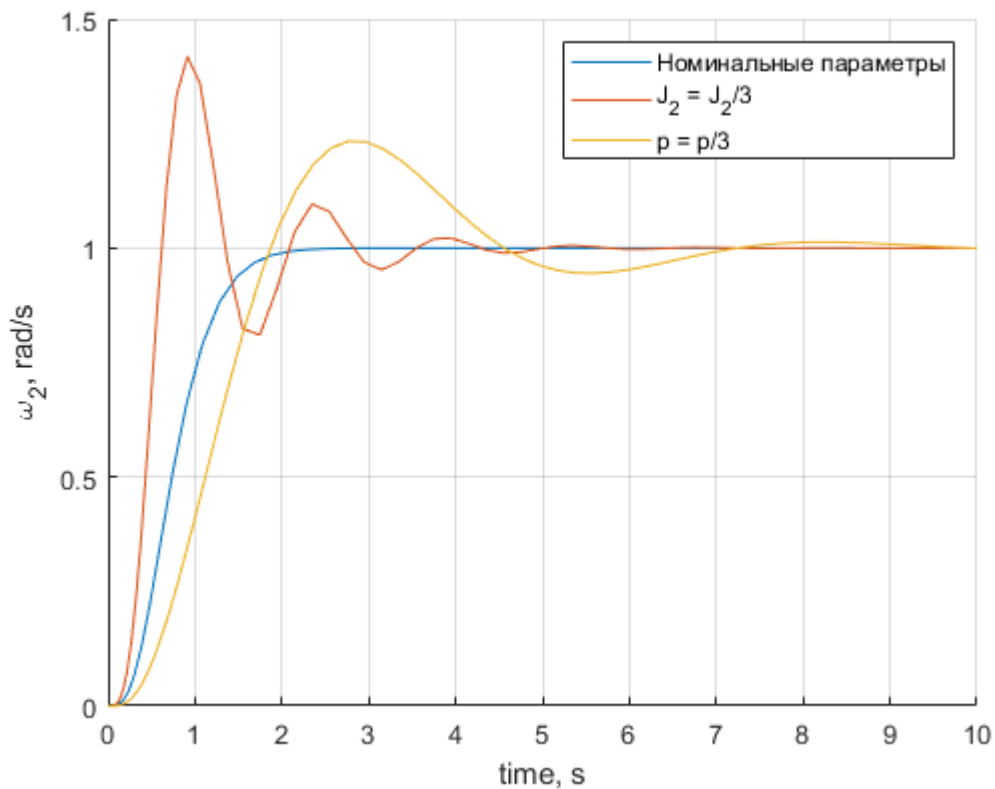


Рисунок 3 - Переходные процессы при модальном управлении

3. Добавим адаптивное управление при использовании различных матриц Q и исследуем систему при номинальных параметрах и при изменении параметров p и J_2 в 3 раза.

Результаты моделирования представлены на рис. 4 – 6. Из сравнения переходных процессов при различных параметрах и матрицах Q , можно сделать вывод о том, что матрица $Q3$ показывает наилучший результат при изменении параметров ОУ.

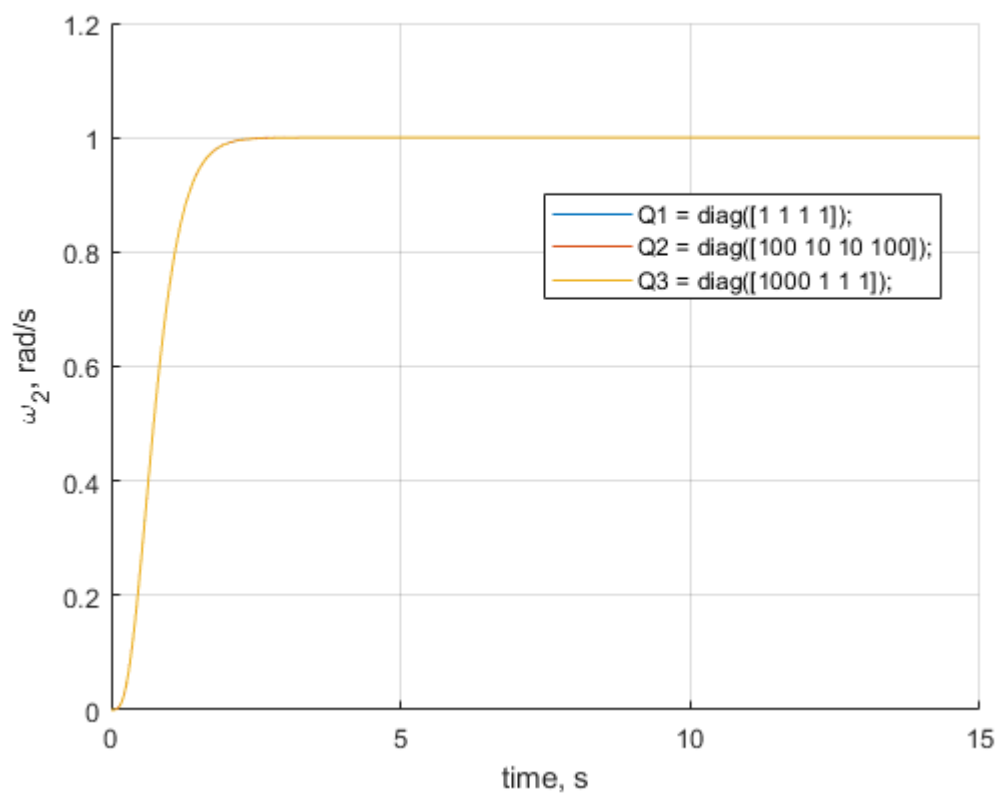


Рисунок 4 - Адаптивно модальное управление при номинальных параметрах OV

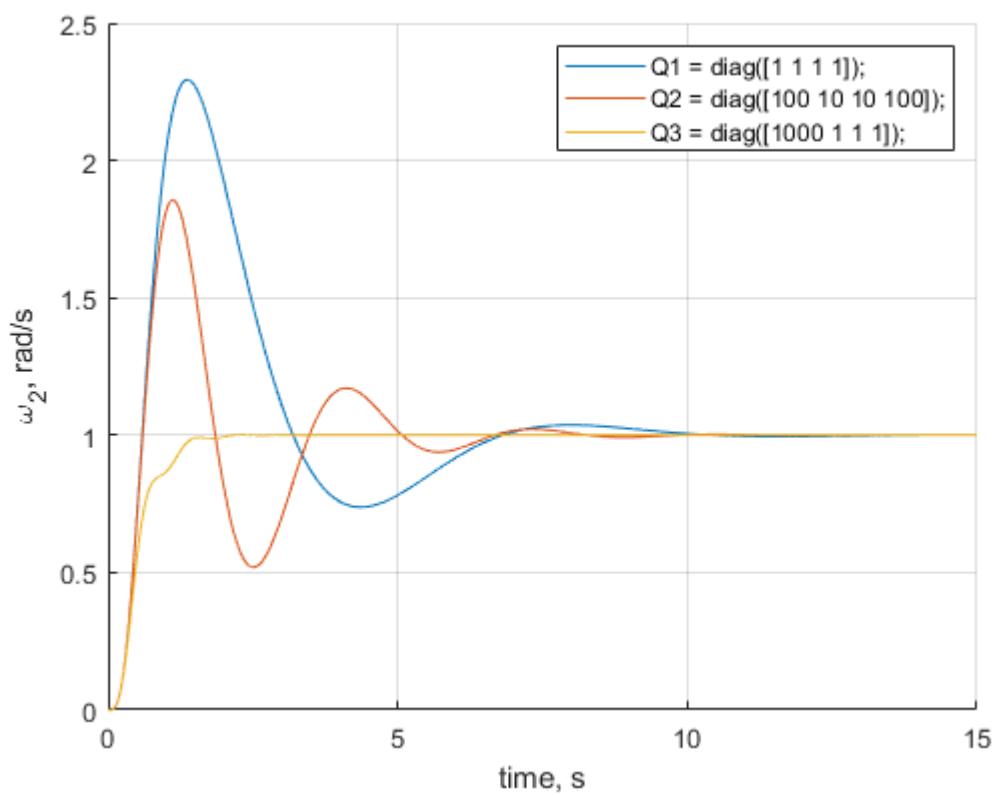


Рисунок 5 - Адаптивно модальное управление при $J_2 = J_2/3$

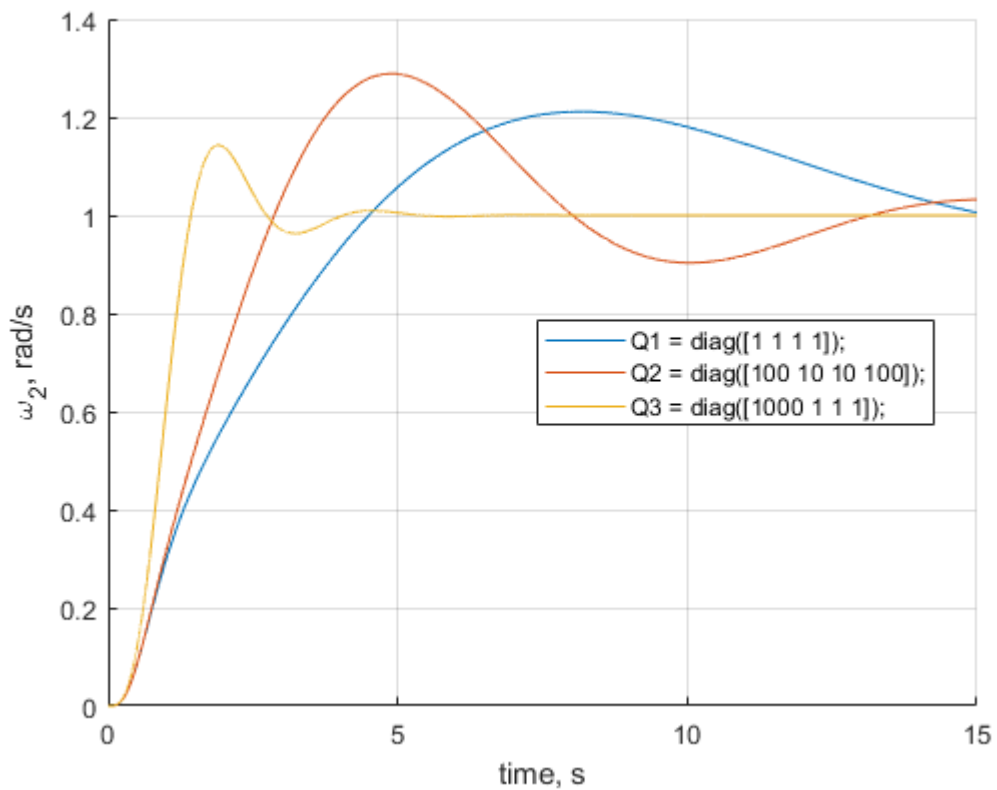


Рисунок 6 - Адаптивно модальное управление при $p = p/3$

4. Оценим установившиеся значения настраиваемых коэффициентов k_A и k_B при использовании адаптивного и адаптивно-модального управлений.

Расчет K_a и K_b производится по следующим формулам:

$$K_a = ((b' \cdot b)^{-1}) \cdot b' \cdot (A_m - A)$$

$$K_b = ((b' \cdot b)^{-1}) \cdot b' \cdot (B_m - b)$$

При номинальных значениях коэффициенты принимают следующие значения:

$$k_a = -0.2390 \quad -2.2000 \quad 0.9265 \quad 1.8000$$

$$k_b = 0$$

Графики изменения коэффициентов представлены далее.

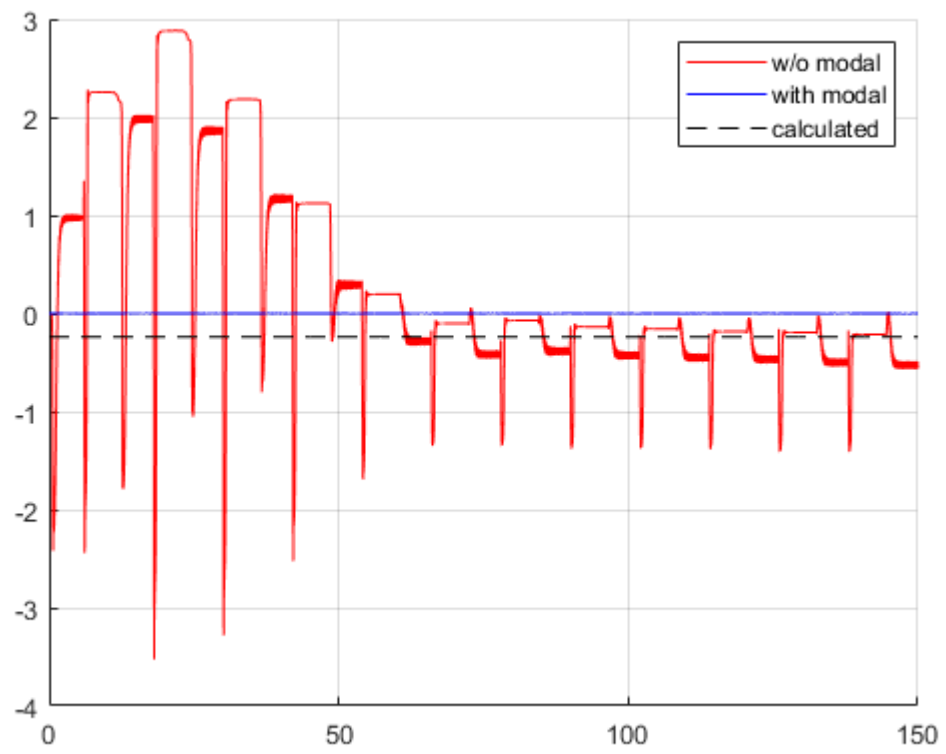


Рисунок 7 ka1

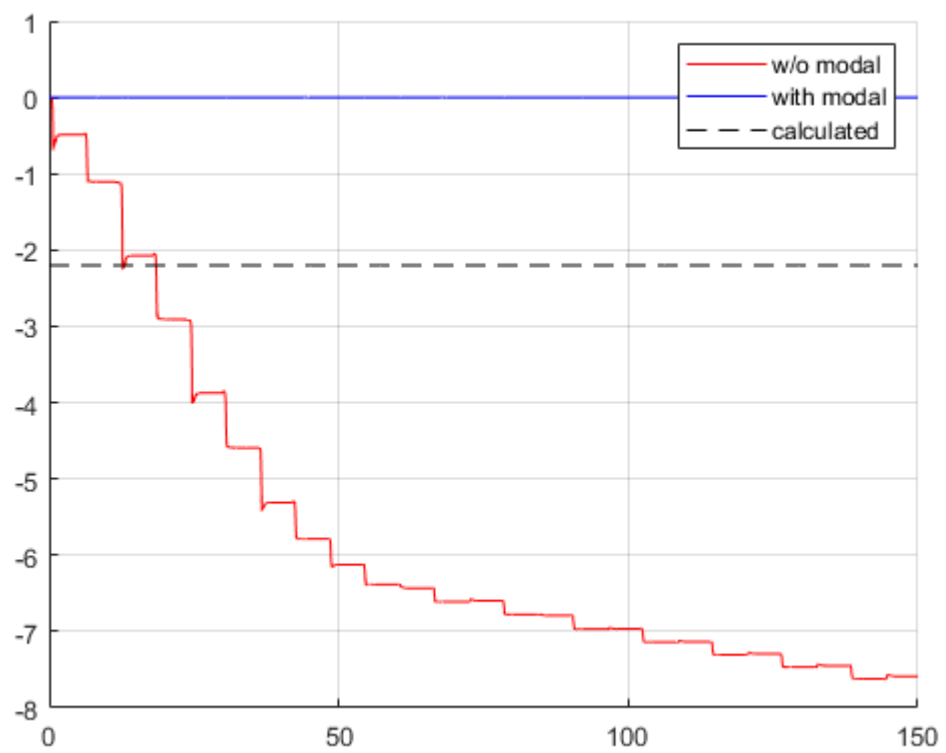


Рисунок 8 ka2

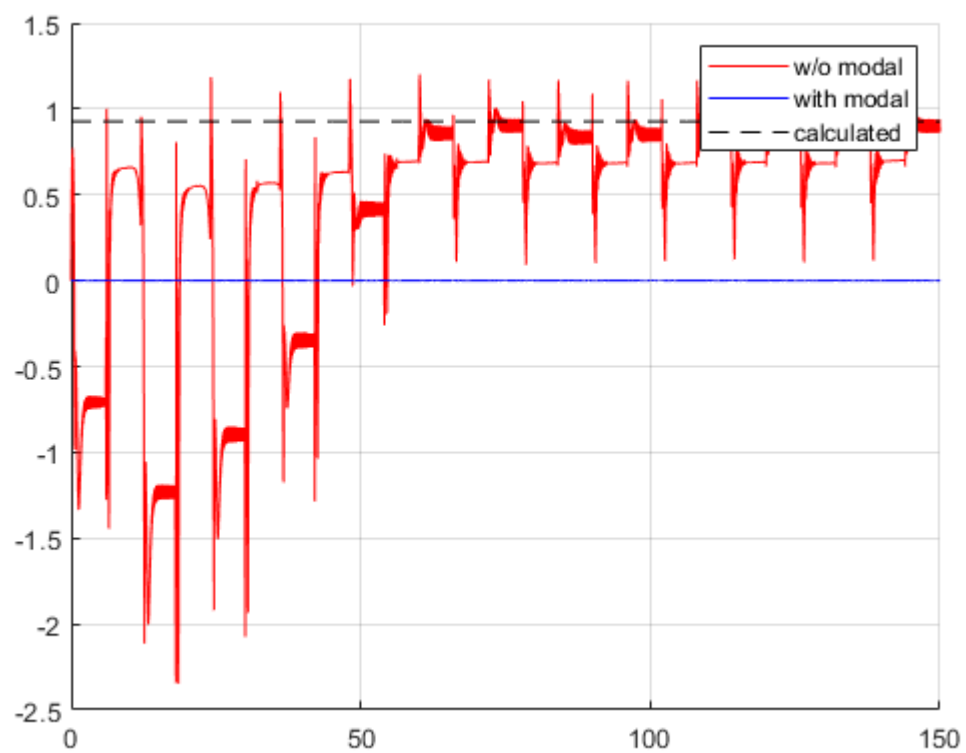


Рисунок 9 ка3

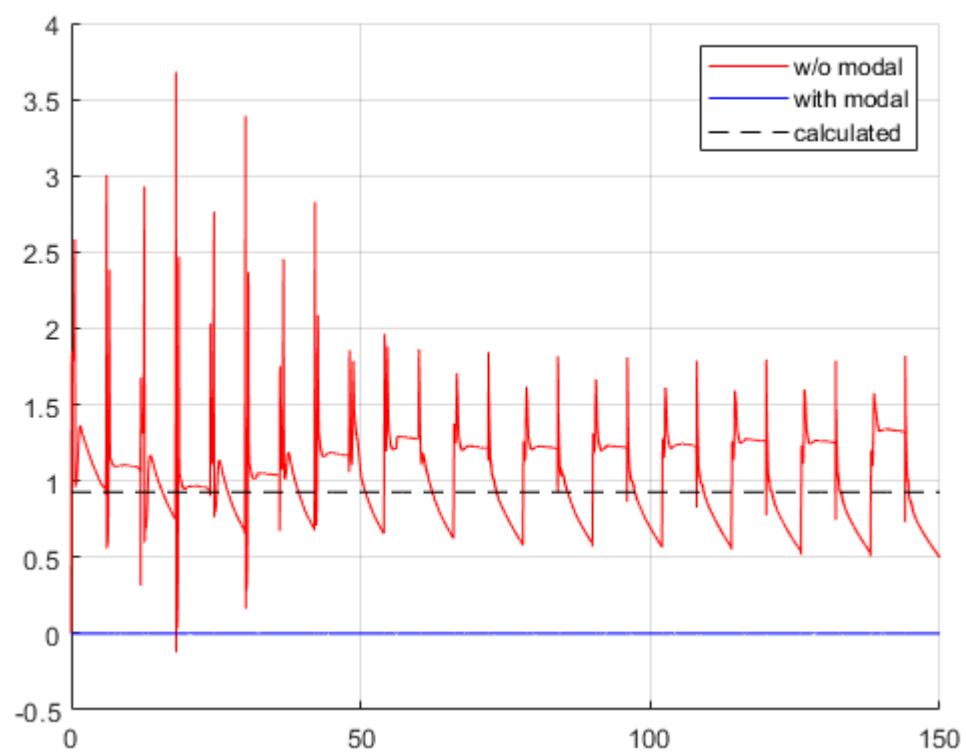


Рисунок 10 ка4

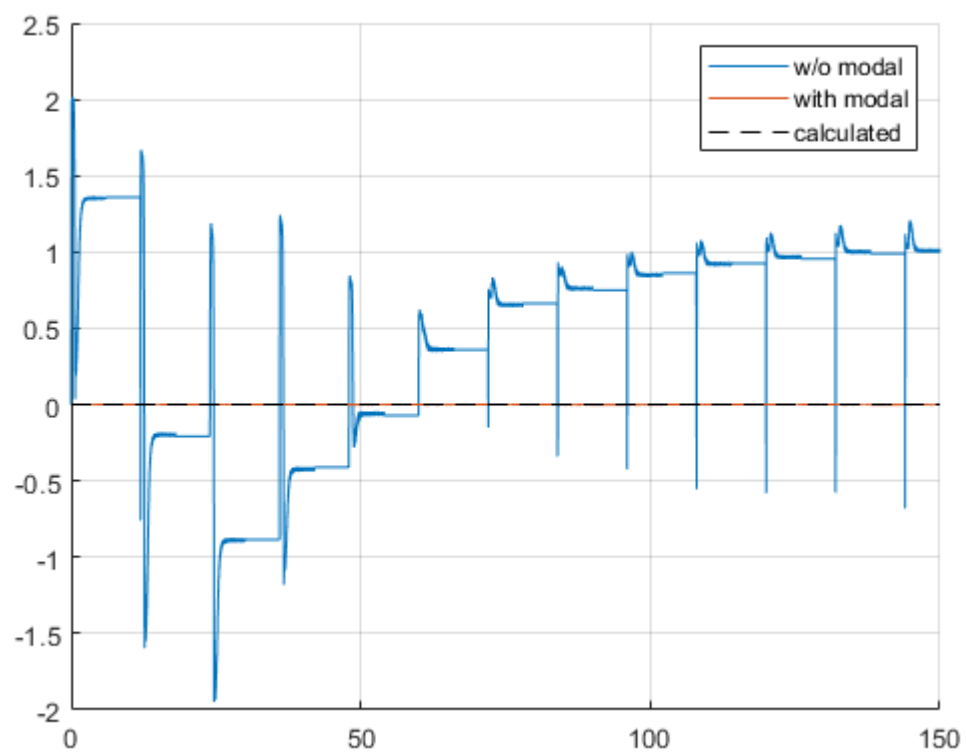


Рисунок 11 kb

При измененных параметрах системы коэффициенты принимают следующие значения:

При $J_2 = J_2/3$:

$$k_a = -0.0317 \quad -2.0000 \quad 0.9275 \quad 1.8000$$

$$k_b = 0$$

Графики изменения коэффициентов представлены далее.

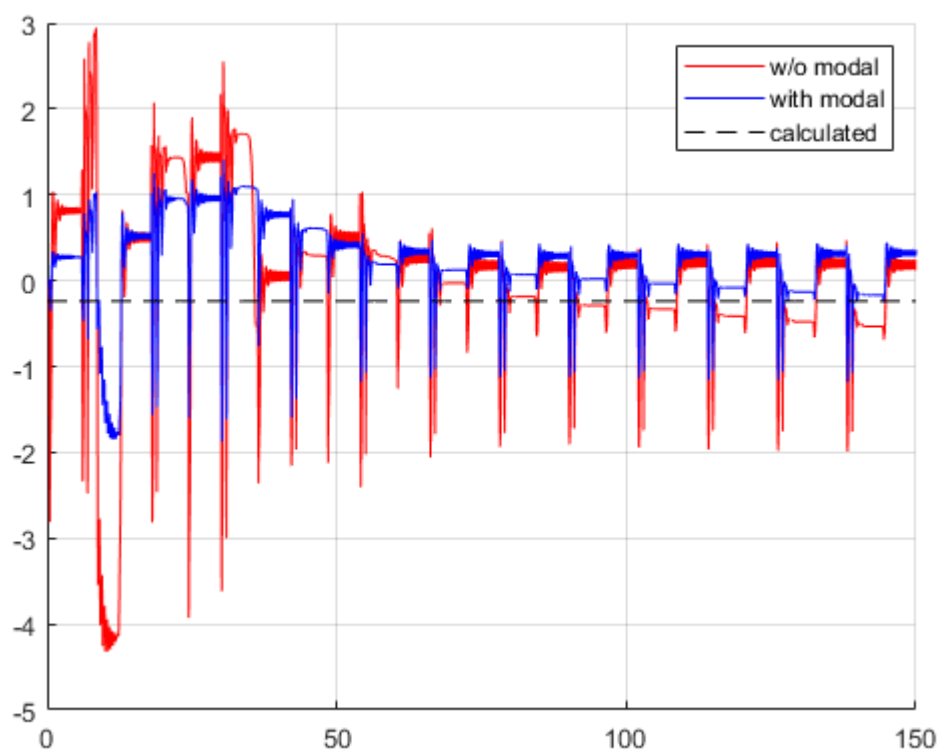


Рисунок 12 *ka1*

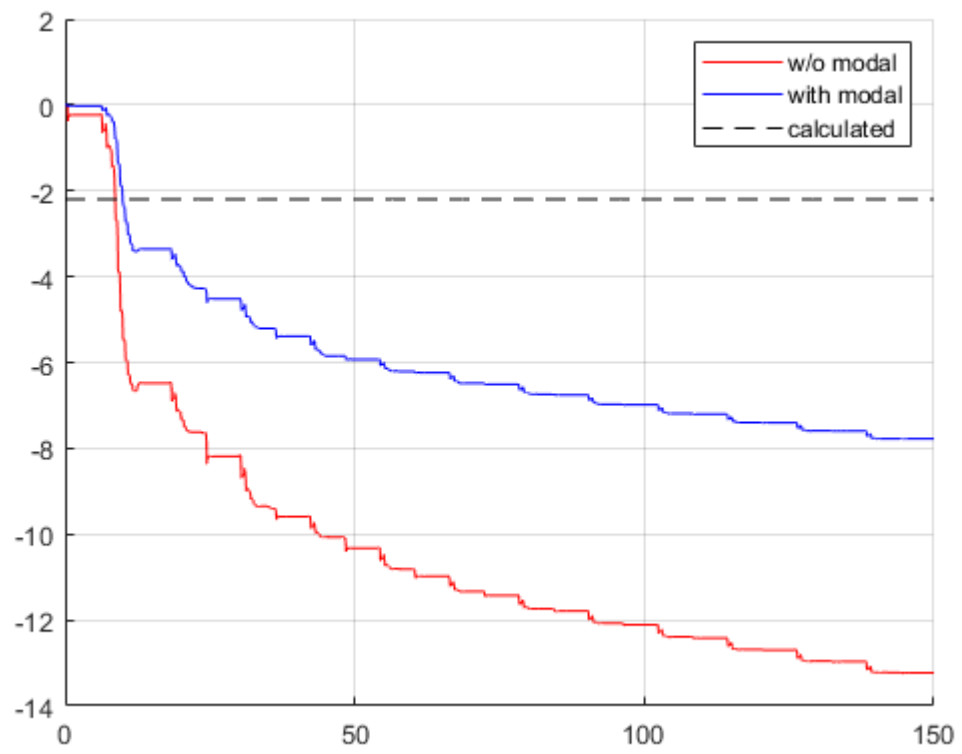


Рисунок 13 ка2

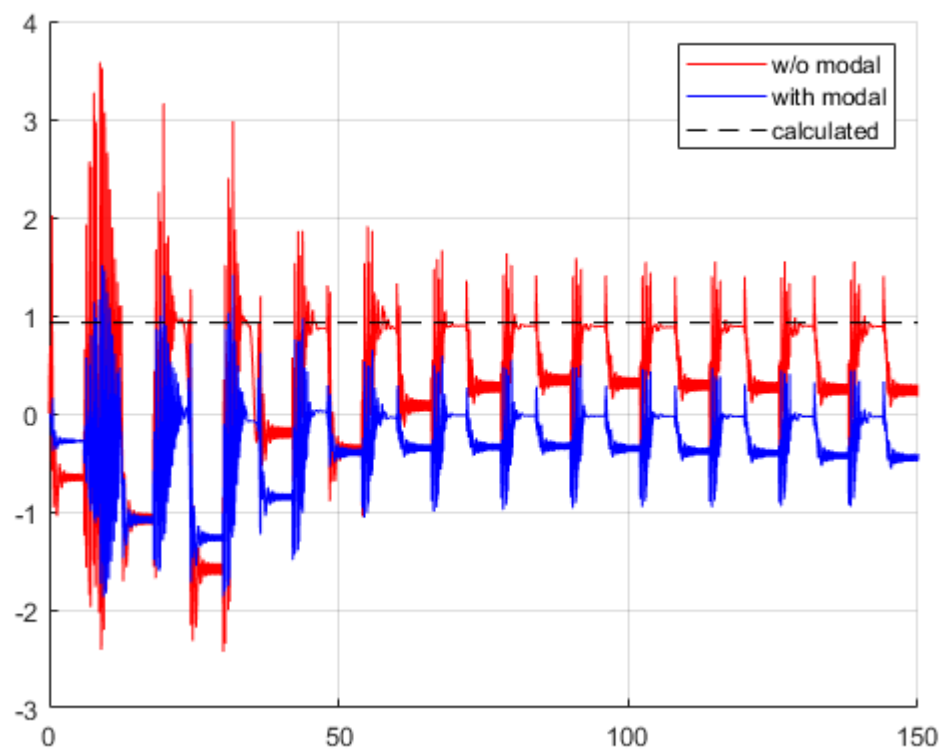


Рисунок 14 ка3

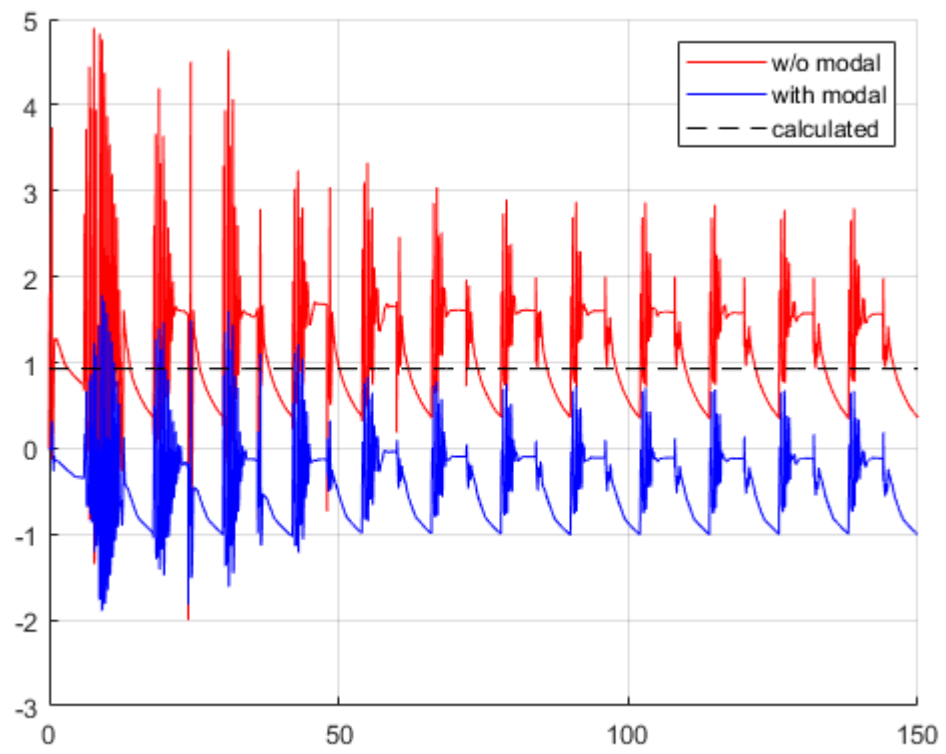


Рисунок 15 ка4

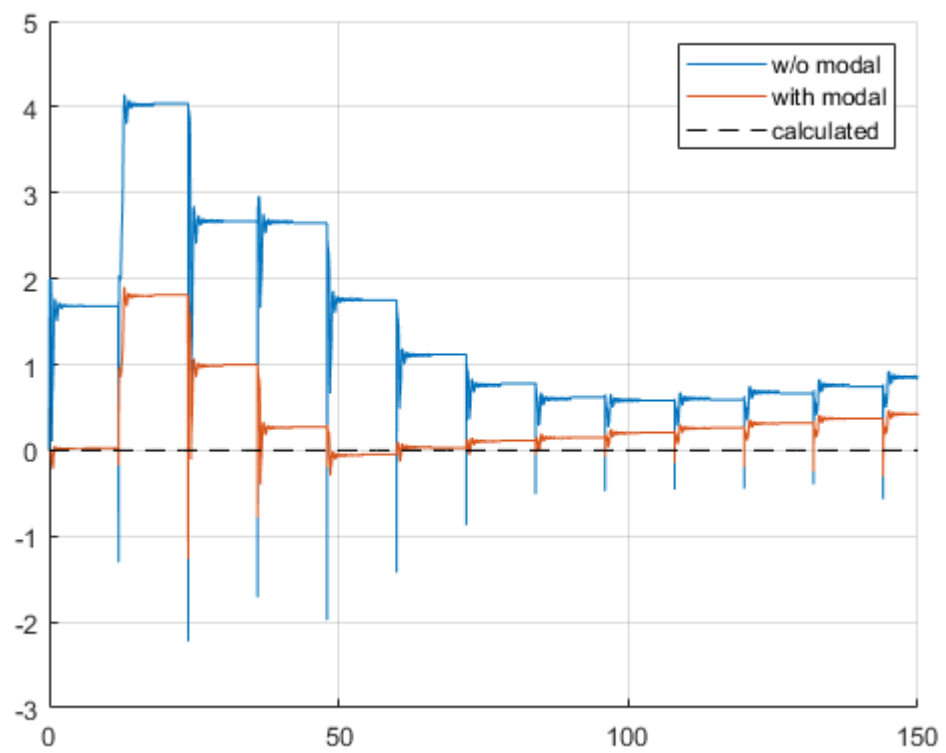


Рисунок 16 kb

При $p = p/3$:

$k_a = -0.8630 \quad -7.2000 \quad 0.9255 \quad 1.8000$

$k_b = 0$

Графики изменения коэффициентов представлены далее.

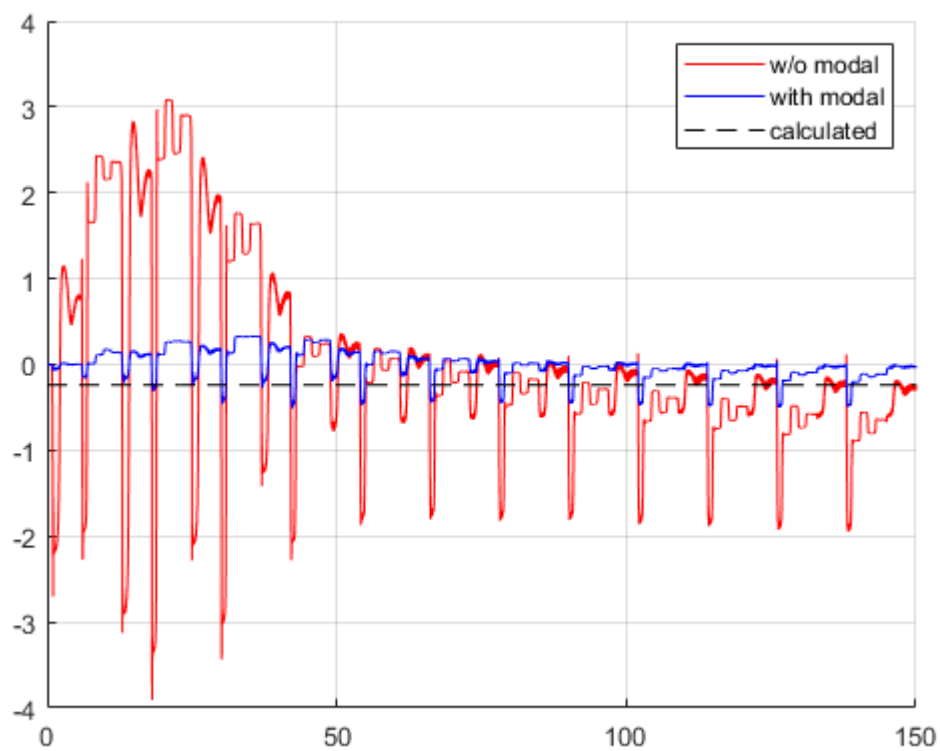


Рисунок 17 $ka1$

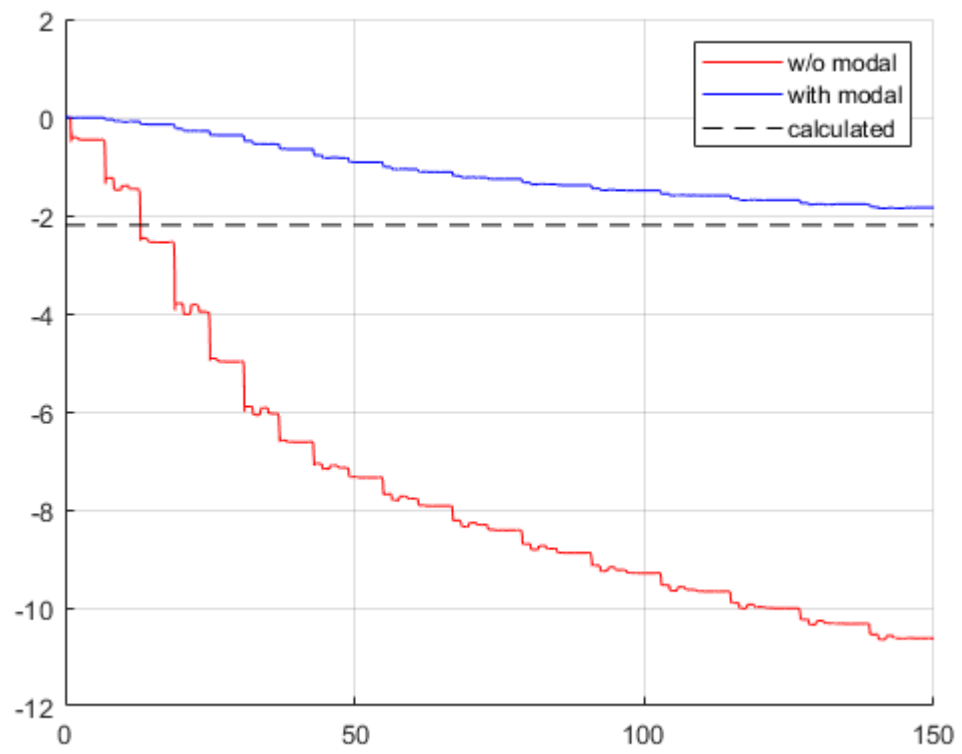


Рисунок 18 ка2

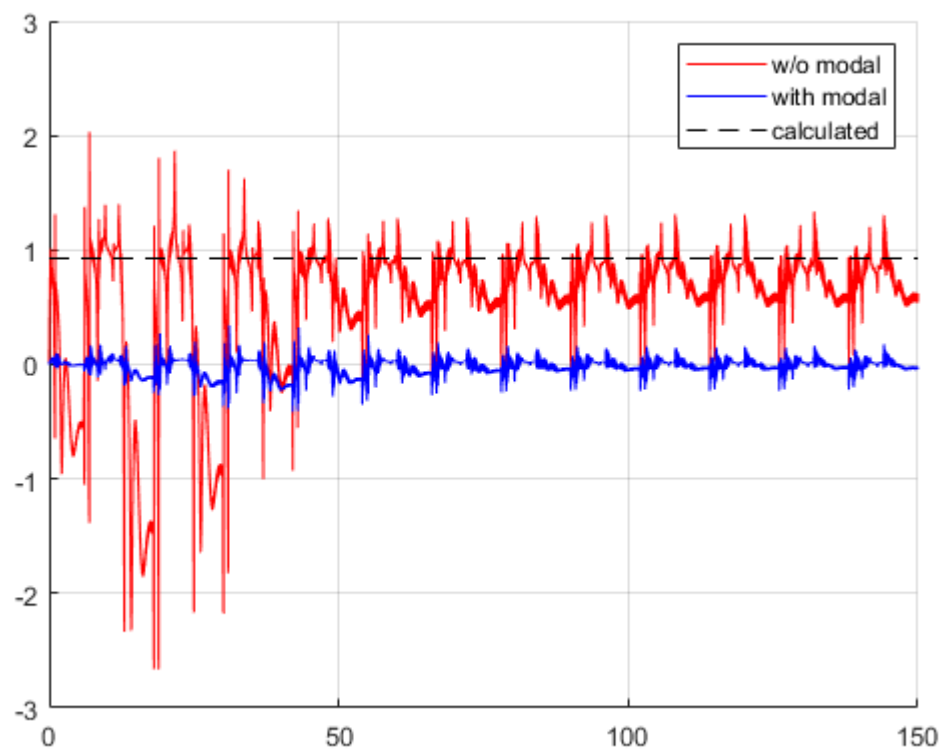


Рисунок 19 ка3

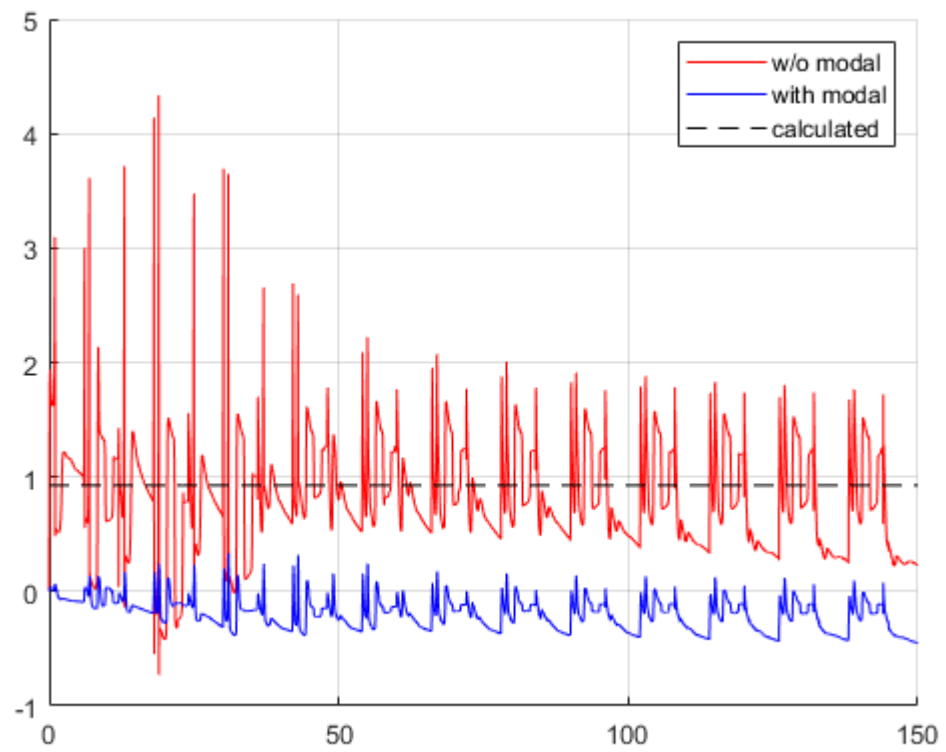


Рисунок 20 ка4

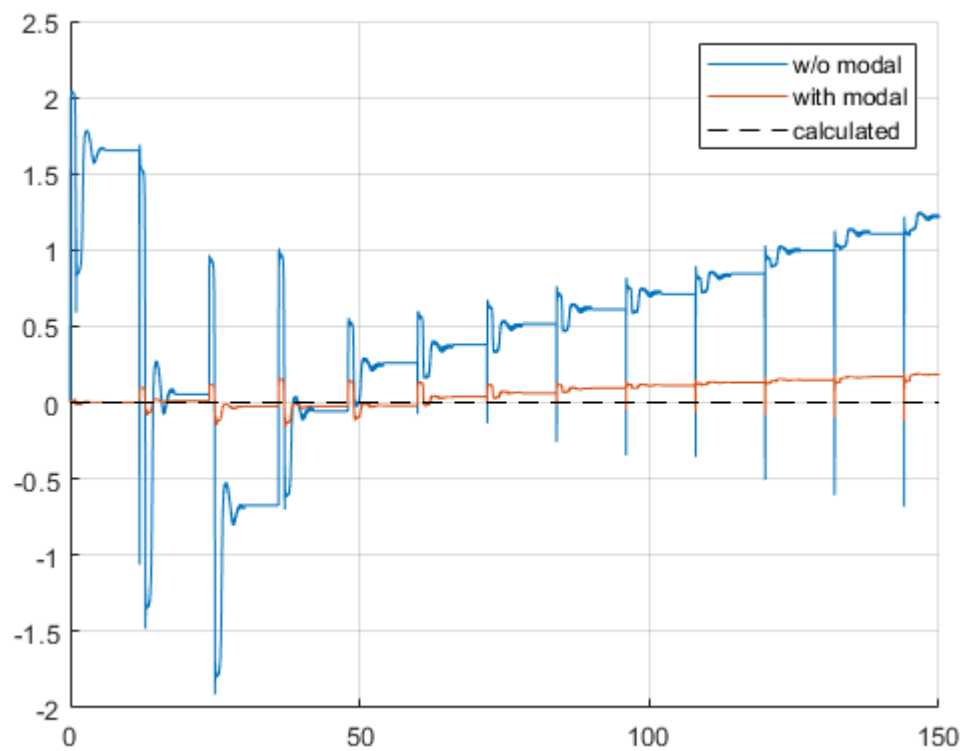


Рисунок 21 kb

Вывод

В ходе выполнения данной лабораторной работы было проведено исследование электромеханической системы с адаптивно-модальным управлением, а также исследование эффективности адаптивно-модального управления при изменении параметров объекта управления.

Было проведено моделирование и показана эффективность адаптивно-модального управления по сравнению с модальным управлением.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Скрипт для выполнения лабораторной работы

```
clc, clear, close all
R = 2;
ke = 1;
km = 1;
J1 = 0.05;
J2 = 0.1;
L = 0.01;
p = 0.1;
A = [0 1/J2 0 0; -p 0 p 0; 0 -1/J1 0 km/J1; 0 0 -ke/L -R/L];
b = [0; 0; 0; 1/L];
P = [-5 -5 -5 -5];
c = [1 0 0 0];
disp("Коэффициенты обратной связи")
K = acker(A, b, P)
disp("Нормирующий коэффициент")
Kn = 1/(-c/(A-b*K)*b)

Q1 = diag([1 1 1 1]);
Q2 = diag([100 10 10 100]);
Q3 = diag([1000 1 1 1]);
Q = cat(3, Q1, Q2);
Q = cat(3, Q, Q3);
Am = A - b*K;
P = lyap(Am', Q1);
ga = diag([1000 1000 1000 1000]);
gb = 1000;
Bm = b;

b0 = (b'*b)^-1 * b';
ka = b0*(Am-A)
kb = b0*(Bm-b)

%% 1 no control
adaptive = 0;
modal = 0;
Kn_init = Kn;
Kn = 1;
t = 60;
pulse_period = t*2;

result=sim('lab_4.slx');

figure
hold on
time = result.tout;
plot(time, result.system.Data)
xlabel("t, s")
ylabel("\omega_2, rad/s")
grid
hold off
Kn = Kn_init;

%% 2 modal control
adaptive = 0;
```

```

modal = 1;
t = 10;
pulse_period = t*2;
J2_init = J2;
p_init = p;

figure
hold on
for i = [[J2_init; p_init], [J2_init/3; p_init], [J2_init; p_init/3]]
    J2 = i(1);
    p = i(2);

    result=sim('lab_4.slx');
    time = result.tout;
    plot(time, result.system.Data)
end
legend( ...
    "Номинальные параметры", ...
    "J_2 = J_2/3", ...
    "p = p/3" ...
)
xlabel("time, s")
ylabel("\omega_2, rad/s")
grid
hold off

J2 = J2_init;
p = p_init;

%% 3 modal adaptive
adaptive = 1;
modal = 1;
t = 15;
pulse_period = t*2;
P_init = P;

J2_init = J2;
p_init = p;

for i = [[J2_init; p_init], [J2_init/3; p_init], [J2_init; p_init/3]]
    J2 = i(1);
    p = i(2);

    figure

    for j = 1:3
        q = Q(:, :, j);
        P = lyap(Am', q);

        result=sim('lab_4.slx');
        time = result.tout;
        hold on
        plot(time, result.system.Data)
    end
    grid
    xlabel("time, s")
    ylabel("\omega_2, rad/s")
    legend( ...
        "Q1 = diag([1 1 1 1]);", ...

```

```

        "Q2 = diag([100 10 10 100]);", ...
        "Q3 = diag([1000 1 1 1]);" ...
    )
end

J2 = J2_init;
p = p_init;
P = P_init;

%% 4 compare modal and adaptive-modal
P = lyap(Am', Q(:, :, 3));
adaptive = 1;
t = 150;
pulse_period = 12;

J2_init = J2;
p_init = p;

J2 = J2_init;
p = p_init/3;

figure
hold on
grid
for i = [0 1]

    modal = i;
    result=sim('lab_4.slx');
    time = result.tout;
    if i == 1
        result.ga1.plot("b", DisplayName="with modal")
    else
        result.ga1.plot("r", DisplayName="w/o modal")
    end
end
ka = ka.*ones(size(time));
plot(time, ka(:,1), "--k", DisplayName="calculated")
legend

figure
hold on
grid
for i = [0 1]

    modal = i;
    result=sim('lab_4.slx');
    time = result.tout;
    if i == 1
        result.ga2.plot("b", DisplayName="with modal")
    else
        result.ga2.plot("r", DisplayName="w/o modal")
    end
end
ka = ka.*ones(size(time));
plot(time, ka(:,2), "--k", DisplayName="calculated")
legend

figure
hold on
grid

```

```

for i = [0 1]

    modal = i;
    result=sim('lab_4.slx');
    time = result.tout;
    if i == 1
        result.ga3.plot("b", DisplayName="with modal")
    else
        result.ga3.plot("r", DisplayName="w/o modal")
    end
end
ka = ka.*ones(size(time));
plot(time, ka(:,3),"--k", DisplayName="calculated")
legend

figure
hold on
grid
for i = [0 1]

    modal = i;
    result=sim('lab_4.slx');
    time = result.tout;
    if i == 1
        result.ga4.plot("b", DisplayName="with modal")
    else
        result.ga4.plot("r", DisplayName="w/o modal")
    end
end
ka = ka.*ones(size(time));
plot(time, ka(:,3),"--k", DisplayName="calculated")
legend

figure
hold on
grid
for i = [0 1]

    modal = i;
    result=sim('lab_4.slx');
    time = result.tout;
    hold on
    plot(time, result.gb.Data)
end

plot(time, kb.*ones(size(time)),"--k")
legend("w/o modal", "with modal", "calculated")

%% расчет Ka Kb

J2_init = J2;
p_init = p;
P = [-5 -5 -5 -5];

for i = [[J2_init; p_init], [J2_init/3; p_init], [J2_init; p_init/3]]
    J2 = i(1);
    p = i(2);

    A = [0 1/J2 0 0; -p 0 p 0; 0 -1/J1 0 km/J1; 0 0 -ke/L -R/L];

```

```

    K = acker(A, b, P);
    Am = A - b*K;
    Bm = b;
    b0 = (b'*b)^-1 * b';
    ka = b0*(Am-A)
    kb = b0*(Bm-b)
end

J2 = J2_init;
p = p_init;

```