

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

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 7
по дисциплине «Проектирование оптимальных систем уравнений»
ТЕМА: ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. МАКСИМАЛЬНОЕ
БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ДЛЯ ОБЪЕКТА 3-ГО ПОРЯДКА

Студенты гр. 9492

Преподаватель

Викторов А.Д.

Керимов М.М.

Чернов Д.С.

Калимов Д.В.

Санкт-Петербург

2024

Цель работы: исследовать задачу максимального быстродействия для объекта 3-го порядка, особенности ее решения на основе принципа максимума Понтрягина, освоить аналитические и численные методы решения.

Исходные данные

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; u_{\max} = 1.4; x_0 = \begin{bmatrix} 8 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ход выполнения работы

Собственные числа системы: $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = -1, \lambda_3 = -1$. Исходя из того, что собственные числа матрицы вещественные можно применить теорему о N интервалах.

В качестве произвольного момента первого переключения выберем 4 секунды. В таком случае фазовый портрет системы будет выглядеть как показано на рисунке 1.

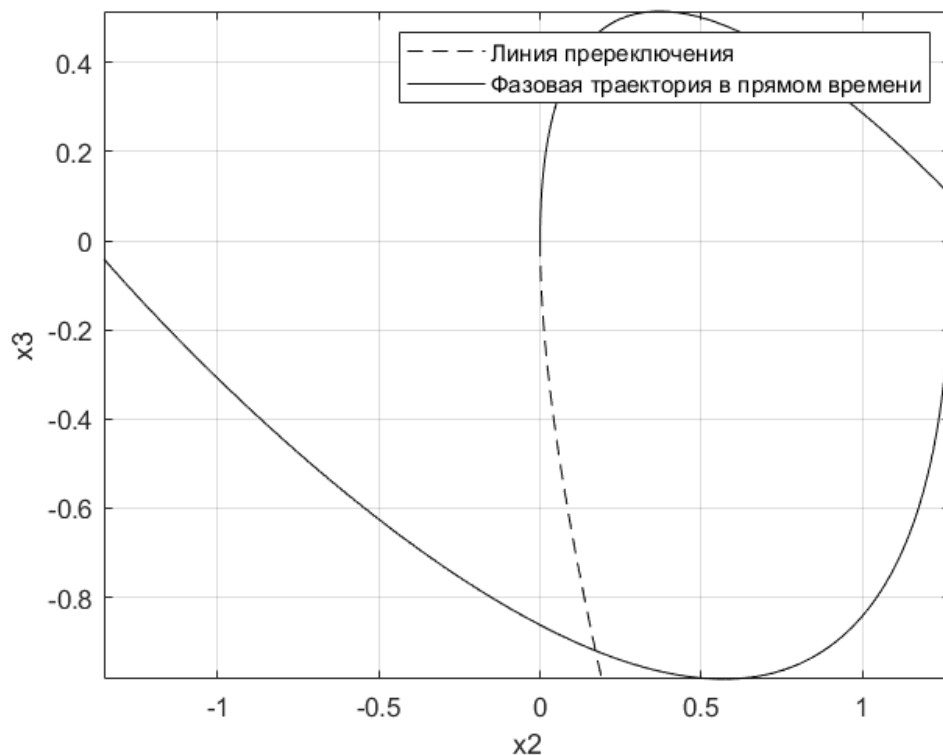


Figure 1 - Фазовая траектория системы

Точка пересечения линии переключения и фазовой траектории находится в координатах (0.18 -0.92), по этой точке можно определить второй момент переключения – 5.44 секунды. Для определения момента выключения управления можно найти точку пересечения графика первой переменной состояния с осью абсцисс, представленного на рисунке 2.

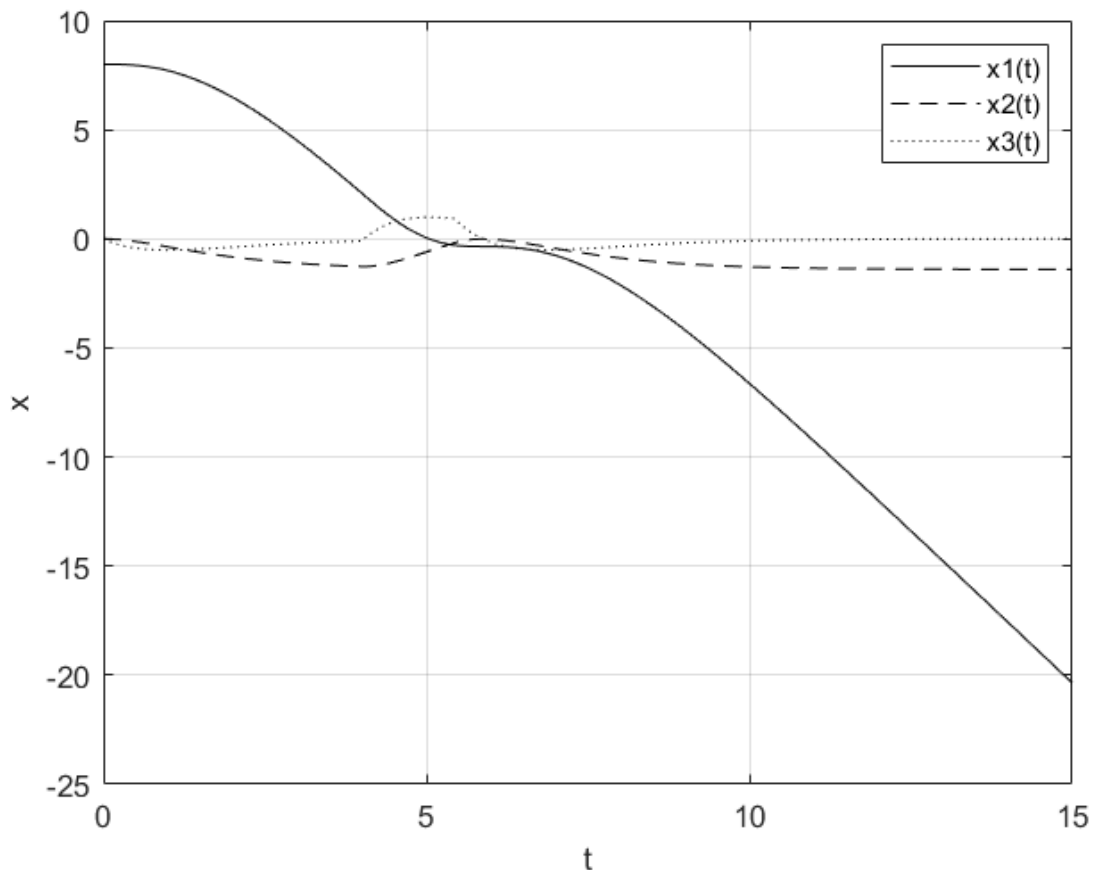


Figure 2 - Переходный процесс объекта в случае бесконечной T

Имея все три точки переключения можно построить окончательный график переходного процесса (рис. 3). Можно заметить, что установившийся режим несколько отличается от требуемого. Статическую ошибку можно компенсировать, используя функцию `fminsearch`, в качестве начальной точки поиска следует ввести полученные ранее значения моментов переключения. График переходных процессов полученных при оптимальных, с точки зрения заданного функционала, моментах переключения представлен на рисунке 4.

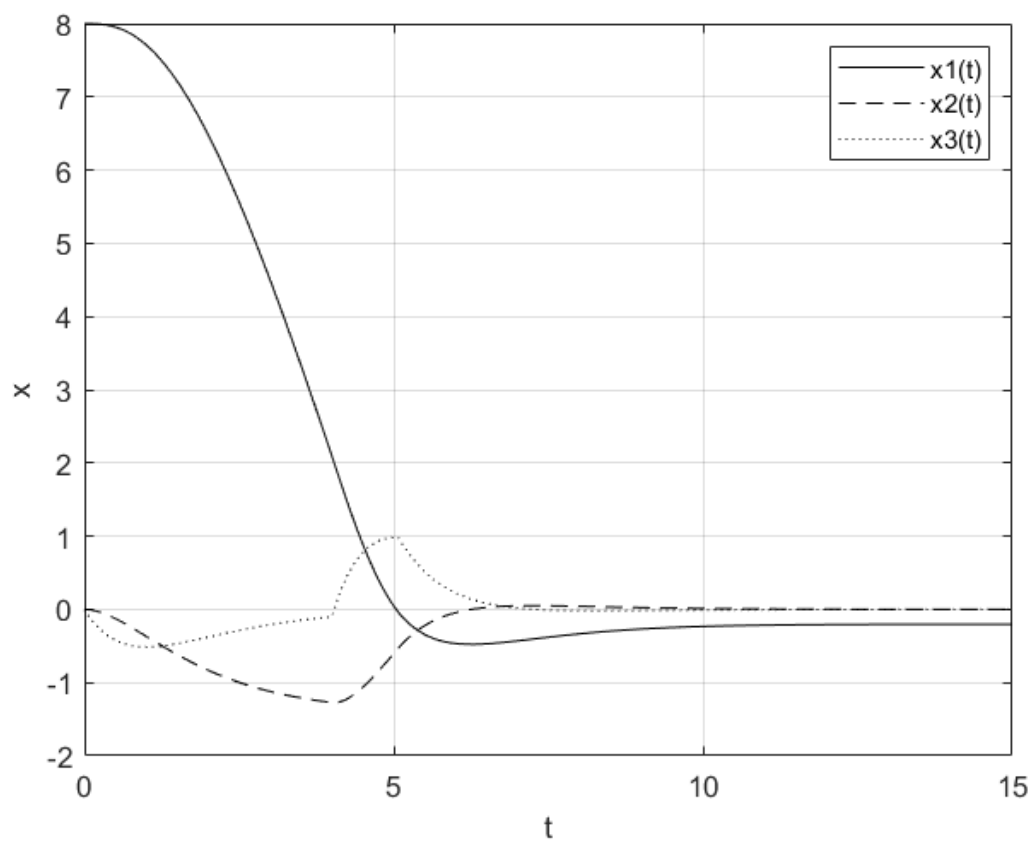


Figure 3 - Переходный процесс системы

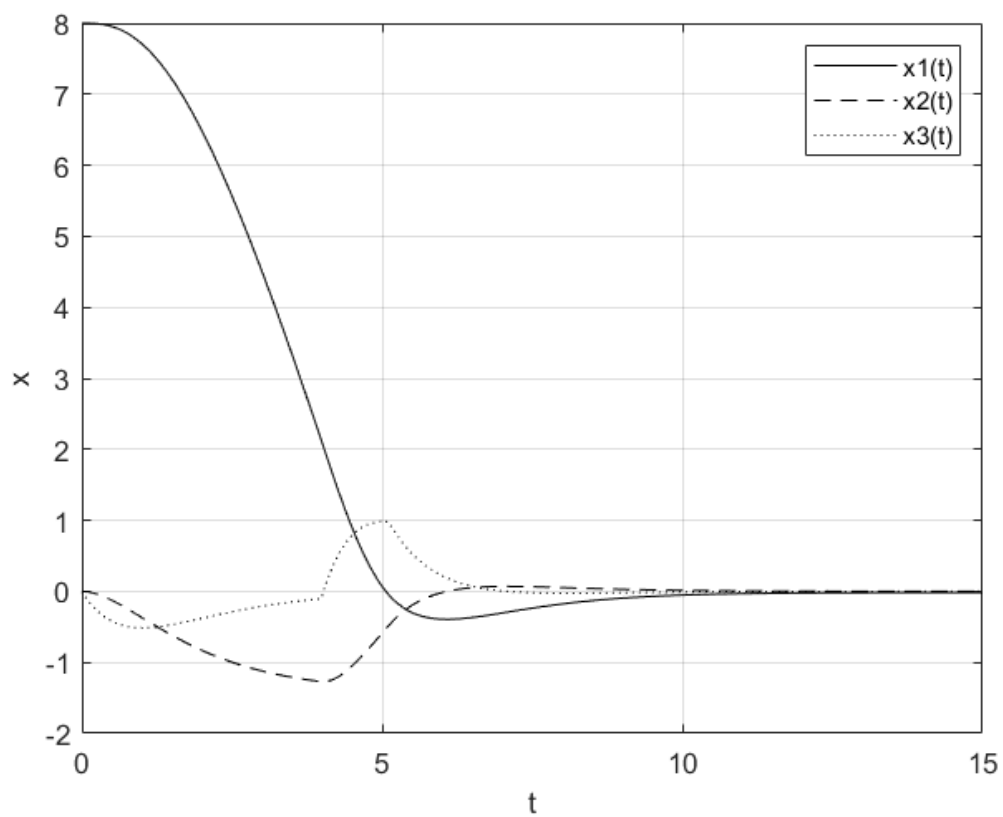


Figure 4 - Оптимизированный переходный процесс системы

Листинг программ, использованных в ходе выполнения данной лабораторной работы представлен в приложении.

Вывод

В ходе выполнения данной лабораторной работы была решена задача максимального быстродействия для объекта 3-го порядка. Для нахождения управляющего воздействия использовались фазовые портреты и функция FMINSEARCH. Были найдены моменты переключения знака управляющего воздействия, так чтобы объект управления переводился из начального состояния в заданное конечное.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Листинг кода использованных программ

```
clear, clc, close all
global u_max
u_max = 1.4;
t1=4;
u_t = @(t) u_max*[(t<t1)-(t>=t1)];
odefun = @(t,x) [2*x(2);x(3);u_max-x(2)-2*x(3)];
%Интегрирование в обратном времени
[t,x] = ode45(odefun, [10:-0.01:0], [0 0 0]);
figure(1)
plot(x(:,2),x(:,3),'k--')
xt2=x(:,2);
xt3=x(:,3);
hold on
odefun = @(t,x) [2*x(2); x(3); u_t(t)-x(2)-2*x(3)];
%Интегрирование в прямом времени
[t,x] = ode45(odefun, [0:0.01:10], [8 0 0]);
plot(x(:,2),x(:,3),'k')
xlabel('x2')
ylabel('x3')
legend('Линия пререключения', 'Фазовая траектория в прямом времени')
xlim([min(x(:,2)) max(x(:,2))])
ylim([min(x(:,3)) max(x(:,3))])
% Определение t2
[x20,x30]=ginput(1);
del=abs(x30*ones(size(x(:,3))))-abs(x(:,3));

[M,I]=min(abs(del));
t2=t(I);
% Определение T
u_t = @(t) -u_max*[(t<t1)-(t>=t1)+2*(t>=t2)];
odefun = @(t,x) [2*x(2);x(3);u_t(t)-x(2)-2*x(3)];
[t,x] = ode45(odefun, [0 15], [8 0 0]);
figure(2)
plot(t,x(:,1),'k',t,x(:,2),'k--',t,x(:,3),'k:')
xlabel('t')
ylabel('x')
legend('x1(t)', 'x2(t)', 'x3(t)')
[M,I]=min(abs(x(:,1)));
T=t(I);
% Построение конечных переходных процессов
u_t = @(t) -u_max*[(t<t1)-(t>=t1)+2*(t>=t2)]*(t<T);
odefun = @(t,x) [2*x(2);x(3);u_t(t)-x(2)-2*x(3)];
[t,x] = ode45(odefun, [0 15], [8 0 0]);
figure(3)
plot(t,x(:,1),'k',t,x(:,2),'k--',t,x(:,3),'k:')
xlabel('t')
ylabel('x')
legend('x1(t)', 'x2(t)', 'x3(t)')
%определение величины x1T1
x1T1=x(end,1)
```

```

%% fminsearch
t0=[t1 t2 T];
figure(4)
T=fminsearch('costfunc',t0);
xlabel('t')
ylabel('x')
legend('x1(t)', 'x2(t)', 'x3(t)')
grid on

function z=costfunc(Tvec)
    global u_max
    t1 = Tvec(1); t2 = Tvec(2); T = Tvec(3);
    u_t = @(t) -u_max*[(t<t1)-(t>=t1)+2*(t>=t2)]*(t<T);
    rp_ode = @(t,x) [2*x(2); x(3); u_t(t)-x(2)-2*x(3)];
    [t,x]=ode45(rp_ode,[0 15],[8 0 0]);
    z= x(end,:)*[x(end,:)]';
    plot(t,x(:,1), 'k', t,x(:,2), 'k--', t,x(:,3), 'k:')

```