**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра КСУ**

отчет

**по лабораторной работе № 4**

**по дисциплине «Проектирование оптимальных систем уравнений»**

Тема: **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. ЭКОНОМИЯ УПРАВЛЕНИЯ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студенты гр. 9492 |  | Викторов А.Д.  Керимов М.М.  Чернов Д.С. |
| Преподаватель |  | Калимов Д.В. |

Санкт-Петербург

2024

**Цель работы:** ознакомиться с принципом максимума Понтрягина, исследовать задачу экономии управления на основе данного принципа, освоить аналитические и численные методы поиска оптимального управления.

**Исходные данные**

Граничные значения состояний объекта управления: 

Таблица 1. Исходные данные к заданию

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Объект управления |
| 1 |  |

**Аналитическое решение задачи**

*Общий вид:*

*Гамильтониан:*

*Зависимость оптимального управления от переменных сопряженной системы уравнений:*

*Систему сопряженных уравнений:*

*Итоговая система в общем виде:*

*Итоговая система:*

**Численное решение**

В листинге 1 представлен основной код программы.

*Листинг 1 – Основной код программы*

clc,clear, close all;

global A B X\_START X\_END TIME\_END

X\_START = [1 0]; X\_END = [0 0]; TIME\_END = 3;

A = [0 1; 0 -2]; B = [0 1];

ks0 = [0 0];

fminsearch('calculate\_error', ks0)

S = dsolve('Dx1=-x2', ...

'Dx2 = -2\*x2+0.5\*ks1+0.5\*ks2', ...

'Dks1 = 0', ...

'Dks2 = ks1+2\*ks2', ...

'x1(0) = 1', ...

'x2(0) = 0', ...

'x1(3) = 0', ...

'x2(3) = 0');

S.x1, S.x2, S.ks1, S.ks2

В листинге 2 представлен код функции, рассчитывающей отклонение переменных состояния.

*Листинг 2 – Функция расчета ошибки*

function error = calculate\_error(ks0)

global X\_START X\_END TIME\_END

[t, x] = ode45('ode\_fun', [0 TIME\_END], [X\_START ks0]);

error = [x(end, 1) - X\_END(1), x(end, 2) - X\_END(2)];

error = error(1)^2 + error(2)^2;

plot(t, [x calculate\_u([x(:,3) x(:,4)])])

legend('x1', 'x2', 'ks1', 'ks2', 'u')

grid on; xlabel('t'); ylabel('x, ks, u');

pause(0.1)

end

В листинге 3 представлен код функции, реализующей систему дифференциальных уравнений.

*Листинг 3 – Система дифференциальных уравнений*

function dxdt = ode\_fun(t, x)

global A B

u = calculate\_u([x(3), x(4)]);

dxdt = [A(1,1)\*x(1) + A(1,2)\*x(2) + B(1)\*u; ...

A(2,1)\*x(1) + A(2,2)\*x(2) + B(2)\*u; ...

-A(1,1)\*x(3) - A(2,1)\*x(4); ...

-A(1,2)\*x(3) - A(2,2)\*x(4)];

end

В листинге 4 представлен код функции, для расчета управляющего воздействия *u*.

*Листинг 4 – Функция управляющего воздействия*

function u = calculate\_u(ks)

global B

u = 0.5\*(ks(:,1).\*B(1) + ks(:,2).\*B(2));

end

На рисунке 1 представлен график переходных процессов и управляющего воздействия.

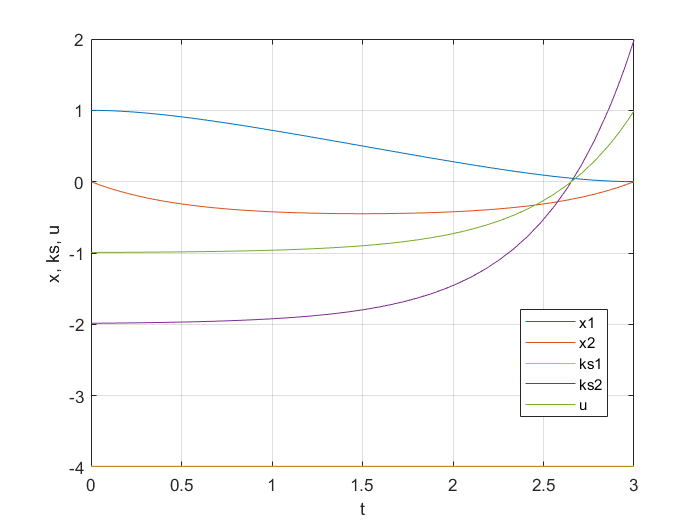


Figure - График переходных процессов и управляющего воздействия

Полученные начальные значения: -3.9902 -1.9852

**Аналитическое решение**

Аналитическое решение, полученное с помощью функции dsolve:

***x1*** *= (3\*exp(6) + 5)/(4\*(exp(6) + 2)) + exp(2\*t)/(4\*(exp(6) + 2)) - (exp(-2\*t)\*exp(6))/(4\*(exp(6) + 2)) - (4\*(t/8 - 1/8)\*(exp(6) + 1))/(exp(6) + 2)*

***x2*** *= (exp(6) + 1)/(2\*(exp(6) + 2)) - exp(2\*t)/(2\*(exp(6) + 2)) - (exp(-2\*t)\*exp(6))/(2\*(exp(6) + 2))*

***ksi1*** *= (4\*(exp(6) + 1))/(exp(6) + 2)*

***ksi2*** *= - (2\*(exp(6) + 1))/(exp(6) + 2) - (4\*exp(2\*t))/(exp(6) + 2)*

График переходных процессов рассчитанных аналитически представлен на рисунке 2.

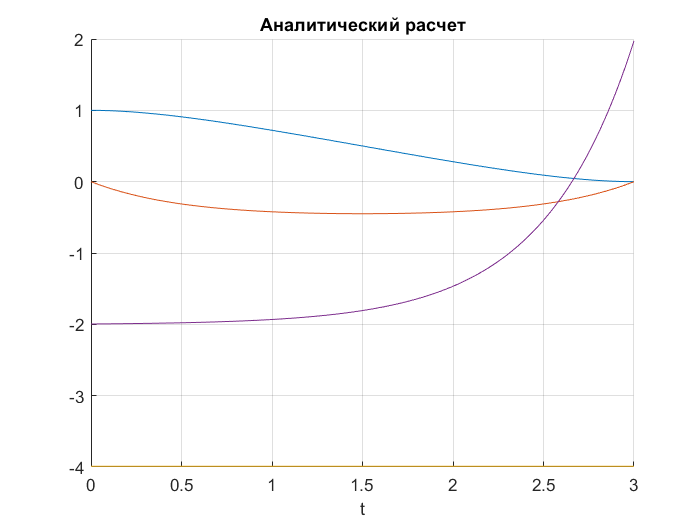


Figure - Переходные процессы полученные аналитически

**Вывод**

В ходе выполнения данной лабораторной работы было найдено минимальное управляющее воздействие, обеспечивающее переход системы из одного стояния в другое за заданное время. При этом решение было получено численно, с помощью функций fminsearch и ode45 и аналитически, при помощи функции dsolve.

При сравнении графиков приходных процессов было выявлено абсолютное сходство этих двух способов.