

ГУАП

КАФЕДРА № 31

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

старший преподаватель

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Н.Л. Гречкин

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №1

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

по курсу: НЕЛИНЕЙНЫЕ И АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № _____

подпись, дата

Д. В. Самарин

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2025

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Построение структурной схемы системы управления, описываемой дифференциальным уравнением. Построение дифференциального уравнения, описывающее систему управления по заданной структурной схеме.

ХОД РАБОТЫ

- 1) Задано дифференциальное уравнение (Вариант 15):

$$9\ddot{y} + \dot{y} - 91y = 18\dot{x} - 5x$$

Составим структурную схему по заданному дифференциальному уравнению (рис. 1).

$$9\ddot{y} = 18\dot{x} - 5x - \dot{y} + 91y$$

$$\ddot{y} = 2\dot{x} - \frac{5}{9}x - \frac{1}{9}\dot{y} + \frac{91}{9}y$$

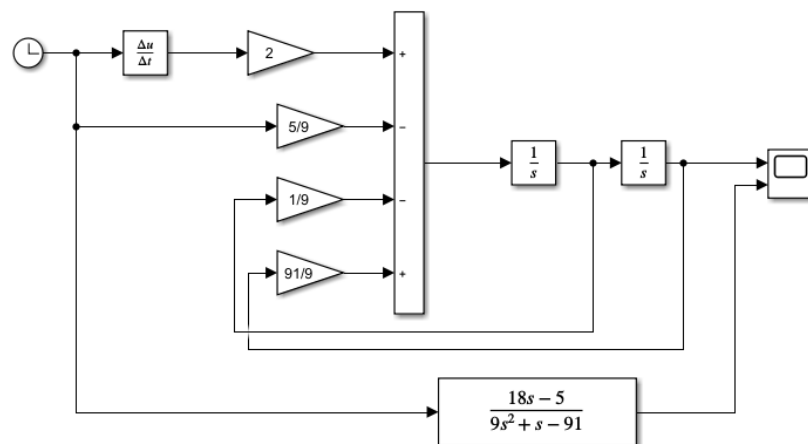


Рисунок 1 – Полученная структурная схема и ПФ

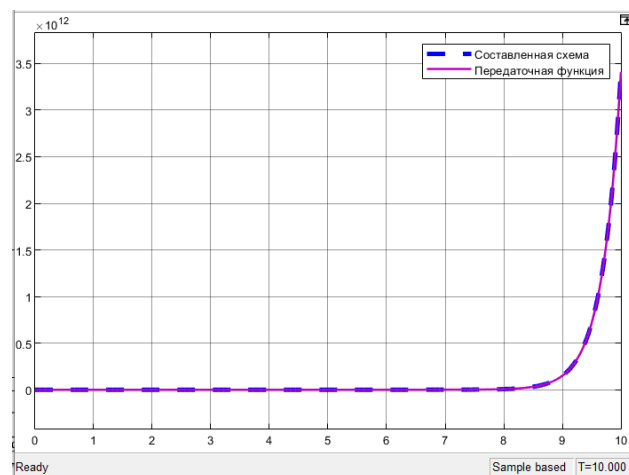


Рисунок 2 – Результат сравнения выходов

2) Построим дифференциальное уравнение по структурной схеме (рис. 3). Для этого вводим вспомогательные переменные и составляем уравнения, связывающие вход и выход каждого элемента.

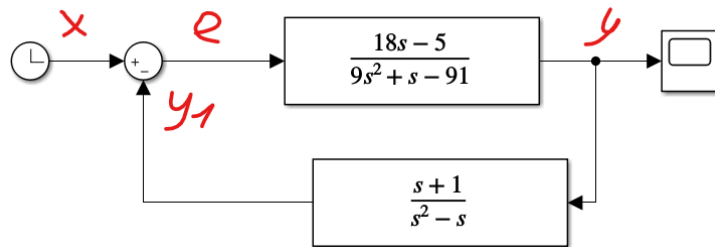


Рисунок 3 – Исходная структурная схема

Вводим вспомогательные переменные и вычисляем. Получаем следующие уравнения:

$$y = \frac{18s - 5}{9s^2 + s - 91} * e$$

$$e = x - y1$$

$$y1 = \frac{s + 1}{s^2 - s} * y$$

Исключим вспомогательные переменные из уравнений системы, описывающей звенья структурной схемы:

$$y = \frac{18s - 5}{9s^2 + s - 91} \left(x - \frac{s + 1}{s^2 - s} * y \right)$$

$$y = \frac{18s - 5}{9s^2 + s - 91} * x - \frac{18s - 5}{9s^2 + s - 91} * \frac{s + 1}{s^2 - s} * y$$

$$(9s^2 + s - 91)(s^2 - s)y = (18s - 5)(s^2 - s)x - (18s - 5)(s + 1)y$$

$$(9s^2 + s - 91)(s^2 - s)y + (18s - 5)(s + 1)y = (18s - 5)(s^2 - s)x$$

$$9s^4y - 8s^3y - 74s^2y + 104sy - 5y = 18s^3x - 23s^2x + 5sx$$

Применим теорему дифференцирования при нулевых начальных условиях и перейдем от алгебраического уравнения к дифференциальному:

$$9\dot{y}^{(4)} - 8\ddot{y} - 74\ddot{y} + 104\dot{y} - 5y = 18\ddot{x} - 23\dot{x} + 5\dot{x}$$

3) Построим дифференциальное уравнение по структурной схеме (нелинейность – идеальное реле).

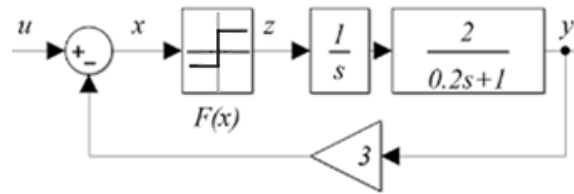


Рисунок 4 – Структурная схема системы

Уравнения в исходной форме:

$$y = \frac{2}{0,2s^2 + s} * \text{sign}(u - 3y)$$

$$y(0,2s^2 + s) = 2 * \text{sign}(u - 3y)$$

$$s^2y + 5 * sy = 10 * \text{sign}(u - 3y)$$

$$\ddot{y} + 5 * \dot{y} = 10 * \text{sign} * (u - 3y)$$

$$\ddot{y} = 10 * \text{sign} * (u - 3y) - 5\dot{y}$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = 10 * \text{sign}(\text{heaviside}(t) - 3x_1) - 5x_2 \end{cases}$$

Для описания воспользуемся программным комплексом Matlab, код программ представлен ниже. Функция описывается следующим образом:

```
function dx=dxdt1(t,x)
dx=zeros(2,1);
dx(1)=x(2);
dx(2)= 10*sign(heaviside(t)-3*x(1))-5*x(2);
end
```

Код программы, вызывающий данную функцию:

```
clear
figure(1)
hold on
x0= [0 0]
[t,x]=ode45(@dxdt1,[0:0.01:11],x0);
plot(x(:,1),x(:,2))
```

Также собираем исходную схему в Simulink (рис. 5).

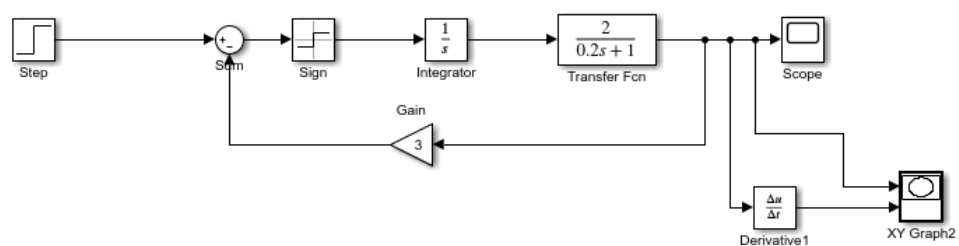


Рисунок 5 – Исходная схема

Полученные результаты приведены на рисунке 6. Как можно заметить фазовые траектории одинаковы.

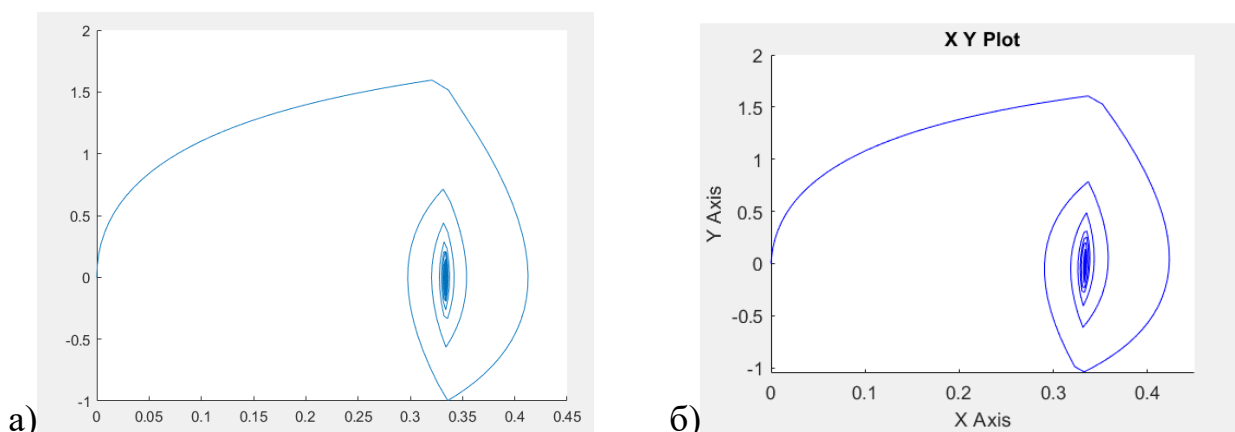


Рисунок 6 – а) траектория через дифференциального уравнения; б)
траектория построенная путем моделирования

ВЫВОД

В ходе выполнения практической работы было выполнено построение структурной схемы системы управления, описываемой дифференциальным уравнением. Выполнено преобразование структурной схемы в дифференциальное уравнение, которое описывает систему. Также было построено дифференциальное уравнение по структуре, содержащей нелинейный элемент типа «реле».