

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3
по дисциплине
«НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»
на тему
**«ЛИНЕАРИЗАЦИЯ ПО ВХОДУ–ВЫХОДУ И
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО
СОСТОЯНИЮ»**

Выполнил: студент гр. R3441

Румянцев А. А.

Проверил: преподаватель

Зименко К. А.

Санкт-Петербург

2025

Содержание

1	Задание 1	3
1.1	Условие	3
1.2	Выполнение	3
2	Задание 2	4
2.1	Условие	4
2.2	Выполнение	5

1. Задание 1

1.1. Условие

Для данной системы определить:

- Является ли эта система линеаризуемой по входу–выходу?
- Если да, преобразуйте её в нормальную форму и укажите область определения соответствующего преобразования
- Является ли эта система минимально-фазовой?

1.2. Выполнение

Рассмотрим систему:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + x_2 - x_3, \\ \dot{x}_2 = -x_1x_3 - x_2 + u, \\ \dot{x}_3 = -x_1 + u, \\ y = x_3 \end{cases} \quad (1)$$

Нелинейная система:

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u$$

Производная от выхода $y = h(x)$:

$$\dot{y} = L_f h(x) + L_g h(x)u$$

Производная Ли функции h вдоль поля f :

$$L_f h(x) = \frac{\partial h}{\partial x} f(x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -x_1 + x_2 - x_3 \\ -x_1x_3 - x_2 \\ -x_1 \end{bmatrix} = -x_1$$

Вдоль поля g :

$$L_g h(x) = \frac{\partial h}{\partial x} g(x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = 1$$

Производная выхода:

$$\dot{y} = \dot{x}_3 = -x_1 + u$$

Первая производная выхода зависит от u , следовательно относительная степень нелинейной системы $\rho = 1$.

Так как $L_g L_f^{\rho-1} h(x) = L_g h(x) = 1 \neq 0$, $\rho < 2$ и $\rho = 1 < n = 3$, то система линеаризуема по входу–выходу (вход появляется именно в ρ -й производной; так как производная потребовалась всего одна, то условие на непоявление входа раньше ρ -й производной $L_g L_f^k h(x) = 0$, $k \in [0, \rho - 2]$ проверять не нужно; $\rho \leq n$ – относительная степень не больше порядка системы).

Обратная связь:

$$u = \frac{-L_f^\rho h(x) + v}{L_g L_f^{\rho-1} h(x)} = \frac{-L_f h(x) + v}{L_g h(x)} = x_1 + v$$

Подставим полученное u в производную выхода:

$$\dot{y} = -x_1 + (x_1 + v) = v$$

Динамика между v и y сведена к одному интегратору.

2. Задание 2

2.1. Условие

На основе метода линеаризации обратной связью найдите закон управления с обратной связью по состоянию, обеспечивающий глобальную стабилизацию начала координат для данной системы.

2.2. Выполнение

Рассмотрим систему:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2 - x_1x_3 + u, \\ \dot{x}_3 = x_1 + x_1x_2 - 2x_3 \end{cases} \quad (2)$$