

Лабораторная работа № 2

Применение метода фазового пространства к исследованию нелинейных систем

Задание № 1. Рассмотрим систему автоматического управления, представленную на рис. 1.



Рис. 1. Система автоматического управления.

Модель объекта управления описывается интегральным звеном, то есть:

$$\frac{dx(t)}{dt} = k_0 u(t).$$

Пусть исполнительный механизм описывается следующим уравнением:

$$\begin{cases} \frac{du(t)}{dt} = f(e), \\ e = \varepsilon - z, \\ z = k_1 U. \end{cases}$$

Структурная схема исполнительного механизма изображена на рис. 2.

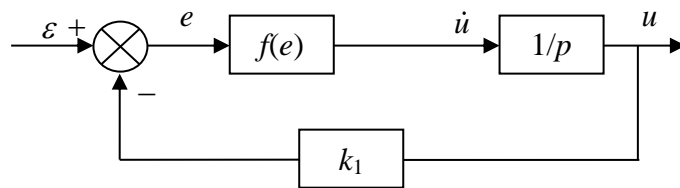


Рис. 2. Исполнительный механизм.

Задание: Построить фазовые траектории $\left(x(t), y(t) = \frac{dx(t)}{dt} \right)$ для следующих типов нелинейности $f(e)$:

1) $f(e) = c \operatorname{sign}(e)$,

$$2) f(e) = \begin{cases} 0, & -a < e < a, \\ c \operatorname{sign}(e), & |e| > a. \end{cases}$$

Примечание: При построении фазовых траекторий выбирается нулевой входной сигнал $g=0$ и ненулевое начальное условие $x(0)$. Начальное условие выбирается так, чтобы на фазовой траектории была видна точка переключения.

Фазовые траектории строятся для двух наборов параметров, один из которых соответствует устойчивой системе, а второй – неустойчивой.

Задание 2. Задана нелинейная система:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = k_0 u(t), \\ \dot{u}(t) = f(e(t)), \\ e(t) = -k_1 x(t). \end{cases} \quad f(e) = \begin{cases} c, & e > b, \\ \frac{c}{b} e, & |e| < b, \\ -c, & e < -b. \end{cases}$$

Структурная схема нелинейной системы изображена на рис. 3.

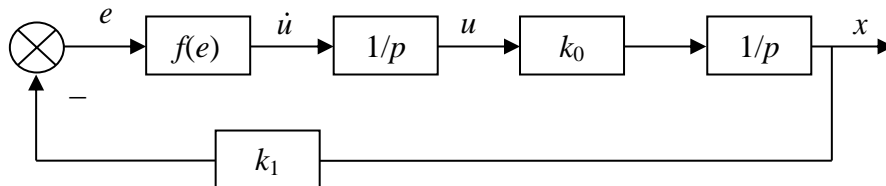


Рис. 3. Структурная схема нелинейной системы.

Построить фазовые траектории $\left(x(t), y(t) = \frac{dx(t)}{dt} \right)$.

Задание 3.

Построить фазовый портрет для модели маятника

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -10 \sin(x_1) - x_2 \end{aligned}$$

для начальных условий в диапазоне $x_1 \in [-8, 10]$, $x_2 \in [-8, 10]$, не менее 8 траекторий в портрете. Отметить на портрете точки равновесия и сепаратрисы.

Примечание: при возникновении сложностей в Simulink при использовании функции Sign рекомендуется снять галочку Enable zero-crossing detection. При моделировании следует установить шаг моделирования не более 0,01 секунды.

Параметры для выполнения работы

Задание для выполнения работы содержится в файле **nln_lab2_vXX.mat**, где XX – номер варианта (выдается преподавателем при защите первой лабораторной работы). В данном файле содержатся переменные **zad11**, **zad12**, **zad2**. Переменные **zad11** и **zad12** являются структурами с полями **zad11.k0**, **zad11.k1**, **zad11.c**, **zad11.a** и **zad12.k0**, **zad12.k1**, **zad12.c**, **zad12.a**, значения которых соответствуют параметрам k_0, k_1, c, a первого задания (задание выполняется для каждого набора параметров).

Переменная **zad2** является структурой с полями **zad2.k0**, **zad2.k1**, **zad2.c**, **zad2.b**, значения которых соответствуют параметрам k_0, k_1, c, b второго задания (задание выполняется для одного набора параметров).

Вопросы для подготовки

Основные:

- 1) Что такое устойчивый (неустойчивый) предельный цикл?
- 2) Что называется сепаратрисой?
- 3) Что такое линия переключения в системе с разрывной нелинейностью? Как её найти?
- 4) Какие из рассмотренных в работе функций являются непрерывными? Какие разрывными?
- 5) Могут ли в линейной системе возникать устойчивые автоколебания?

Дополнительные:

- 6) Укажите множество положений равновесия в задании 1 с нелинейностью
$$f(e) = \begin{cases} 0, & -a < e < a, \\ c \operatorname{sign}(e), & |e| > a. \end{cases}$$
- 7) В каком случае система в задании 2 ведет себя эквивалентно линейной?
- 8) В каких случаях система, указанная в задании 1, будет устойчивой или неустойчивой?
- 9) В каких случаях в заданиях, рассмотренных в лабораторной работе, возникают автоколебания?