

**Задание 1. Свободное движение**

Рассмотреть систему 2-го порядка, заданную дифференциальным уравнением

$$\ddot{y} + a_1\dot{y} + a_0y = a_0u. \quad (1)$$

С использованием *блоков элементарных операций* построить структурную схему данной системы. На структурной схеме отметить блоки, на которых задаются начальные условия  $y(0)$ ,  $\dot{y}(0)$ .

Для каждого из вариантов в **Таблицах 1 и 2** задано по шесть наборов значений корней характеристического уравнения  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  и начальных условий  $y(0)$ ,  $\dot{y}(0)$ . В соответствии с вашим вариантом для каждого из шести экспериментов вычислить коэффициенты  $a_1$ ,  $a_0$  системы (1) и найти аналитическое выражение для свободной составляющей ее движения  $y_{\text{св}}(t)$ .

Осуществить моделирования свободного движения системы для каждого из шести экспериментов и сопоставить результаты с полученными аналитически.

Проанализировать устойчивость каждой из систем на основании моделирования и корневого критерия, сделать соответствующие выводы о типе устойчивости.

**Ожидаемые результаты:**

- Структурная схема системы.
- Листинги аналитических расчетов.
- Результаты вычисления коэффициентов  $a_1$ ,  $a_0$ .
- Аналитические выражения  $y_{\text{св}}(t)$ .
- Графики выходов  $y_{\text{св}}(t)$ , их сопоставление с вычисленными аналитически. Для наглядного сравнения полученные графики стоит размещать на одном рисунке на одной координатной плоскости.
- Выводы.

**Задание 2. Область устойчивости**

Рассмотреть систему 3-го порядка, заданную структурной схемой, представленной на рисунке 1. Определить, при каких значениях постоянных времени  $T_1$  и  $T_2$  полюса соответствующих передаточных функций совпадут с первым набором корней  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  из **Задания 1**.

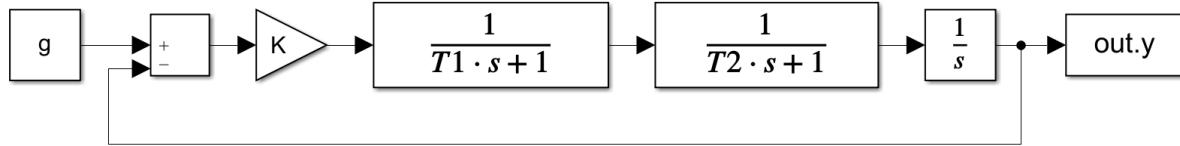


Рис. 1: Схема моделирования для Задания 2

Определить аналитически границу устойчивости в пространстве параметров  $K$  и  $T_1$  для системы с фиксированным значением  $T_2$  (рассчитанным ранее), опираясь на критерий Гурвица. Привести графическое изображение границы устойчивости на плоскости двух параметров  $K(T_1)$  и определить область устойчивости системы.

Аналогично определить аналитически границу устойчивости в пространстве параметров  $K$  и  $T_2$  для системы с фиксированным значением  $T_1$  (рассчитанным ранее). Привести графическое изображение границы устойчивости на плоскости двух параметров  $K(T_2)$  и определить область устойчивости системы.

Задаться тремя наборами параметров  $K$ ,  $T_1$  и  $T_2$ , соответствующих:

- асимптотически устойчивой системе;
- системе на границе устойчивости;
- неустойчивой системе.

Для каждого набора параметров осуществить моделирование при  $g(t) = 1$ .

Сделайте выводы.

**Ожидаемые результаты:**

- Листинги аналитических расчетов.
- Значения постоянных времени  $T_1$  и  $T_2$ .
- Графическое изображение границы устойчивости на плоскости двух параметров  $K(T_1)$  для случая фиксированной  $T_2$ .
- Графическое изображение границы устойчивости на плоскости двух параметров  $K(T_2)$  для случая фиксированной  $T_1$ .
- Графики выходов  $y(t)$  для трех наборов параметров  $K$ ,  $T_1$  и  $T_2$ , соответствующих различным случаям устойчивости.
- Выводы.

**Задание 3. Автономный генератор**

Для приведенного в **Таблице 3** для вашего варианта аналитически заданного сигнала  $g_{ж}(t)$  в системе вида

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax \\ g = Cx, \end{cases} \quad x(0),$$

задать такие параметры  $A$ ,  $C$  и  $x(0)$ , чтобы выход системы при свободном движении совпадал с желаемым выходом  $g_{ж}(t)$ . Всем полученные матрицы и вектора не должны включать в себя комплексных чисел. Выполнить моделирование, подтверждающее правильность выбранных параметров.

**Ожидаемые результаты:**

- Листинги аналитических расчетов.
- Значения матриц  $A$  и  $C$  и начальных условий  $x(0)$ .
- Графики сигналов  $g_{ж}(t)$  и  $g(t)$  с их сопоставлением. Для наглядного сравнения полученные графики стоит размещать на одном рисунке на одной координатной плоскости.
- График ошибки  $e = g_{ж}(t) - g(t)$ .

**Контрольные вопросы для подготовки к защите:**

1. Что такое свободное движение?
2. Что такое мода? Какие моды свободного движения линейных систем существуют?
3. Что такое устойчивость?
4. Какие виды устойчивости линейных систем вы знаете? Как они соотносятся между собой?
5. Какие критерии устойчивости линейных систем вы знаете?
6. Можно ли представить генератор из задания 3 в виде дифференциального уравнения?
7. Можно ли представить генератор из задания 3 в виде передаточной функции?

Таблица 1: Исходные данные для Задания 1 (варианты 1-15)

Вариант	Номер эксперимента											
	1		2		3		4		5		6	
	Начальные условия											
	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$
1	1	0	0	1	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0.1
Корни характеристического уравнения												
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$
1	-1	-1	-0.5 $+j3$	-0.5 $-j3$	$j3$	$-j3$	0.5 $+j3$	0.5 $-j3$	1	1	-0.1	0.1
2	-1	-1.5	-0.6 $+j4$	-0.6 $-j4$	$j4$	$-j4$	0.6 $+j4$	0.6 $-j4$	1	1.5	-0.2	0.2
3	-1	-2	-0.7 $+j5$	-0.7 $-j5$	$j5$	$-j5$	0.7 $+j5$	0.7 $-j5$	1	2	-0.3	0.3
4	-2	-1.5	-0.8 $+j6$	-0.8 $-j6$	$j6$	$-j6$	0.8 $+j6$	0.8 $-j6$	2	1.5	-0.4	0.4
5	-2	-2	-0.9 $+j7$	-0.9 $-j7$	$j7$	$-j7$	0.9 $+j7$	0.9 $-j7$	2	2	-0.5	0.5
6	-2.5	-2.5	-1 $+j8$	-1 $-j8$	$j8$	$-j8$	1 $+j8$	1 $-j8$	2.5	2.5	-0.6	0.6
7	-3	-1	-1.1 $+j9$	-1.1 $-j9$	$j9$	$-j9$	1.1 $+j9$	1.1 $-j9$	3	1	-0.7	0.7
8	-3	-1.5	-1.2 $+j10$	-1.2 $-j10$	$j10$	$-j10$	1.2 $+j10$	1.2 $-j10$	3	1.5	-0.8	0.8
9	-3	-2	-1.3 $+j11$	-1.3 $-j11$	$j11$	$-j11$	1.3 $+j11$	1.3 $-j11$	3	2	-0.9	0.9
10	-3	-3	-1.4 $+j12$	-1.4 $-j12$	$j12$	$-j12$	1.4 $+j12$	1.4 $-j12$	3	3	-1	1
11	-4	-3	-1.6 $+j13$	-1.6 $-j13$	$j13$	$-j13$	1.6 $+j13$	1.6 $-j13$	4	3	-1.2	1.2
12	-4	-4	-1.7 $+j14$	-1.7 $-j14$	$j14$	$-j14$	1.7 $+j14$	1.7 $-j14$	4	4	-1.3	1.3
13	-5	-5.5	-2.5 $+j3$	-2.5 $-j3$	$j15$	$-j15$	0.5 $+j3$	0.5 $-j3$	5	5.5	-1.4	1.4
14	-5	-5.5	-2.6 $+j4$	-2.6 $-j4$	$j16$	$-j16$	0.6 $+j4$	0.6 $-j4$	5	5.5	-1.5	1.5
15	-5.5	-6	-2.7 $+j5$	-2.7 $-j5$	$j17$	$-j17$	0.7 $+j5$	0.7 $-j5$	5.5	6	-1.6	1.6

Таблица 2: Исходные данные для Задания 1 (варианты 16-30)

Вариант	Номер эксперимента											
	1		2		3		4		5		6	
	Начальные условия											
	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$	$y(0)$	$\dot{y}(0)$
16	1	0	1	0	1	0	0.05	0	0.05	0	0	0.1
Корни характеристического уравнения												
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$
16	-5.5	-6	-2.8 $+j6$	-2.8 $-j6$	$j18$	$-j18$	0.8 $+j6$	0.8 $-j6$	5.5	6	-1.7	1.7
17	-6	-6.5	-2.9 $+j7$	-2.9 $-j7$	$j19$	$-j19$	0.9 $+j7$	0.9 $-j7$	6	6.5	-1.8	1.8
18	-6	-6.5	-3 $+j8$	-3 $-j8$	$j20$	$-j20$	1 $+j8$	1 $-j8$	-6	6.5	-1.9	1.9
19	-6.5	-7	-3.1 $+j9$	-3.1 $-j9$	$j21$	$-j21$	1.1 $+j9$	1.1 $-j9$	6.5	7	-2	2
20	-6.5	-7	-3.2 $+j10$	-3.2 $-j10$	$j22$	$-j22$	1.2 $+j10$	1.2 $-j10$	6.5	7	-2.1	2.1
21	-7	-7.5	-3.3 $+j11$	-3.3 $-j11$	$j23$	$-j23$	1.3 $+j11$	1.3 $-j11$	7	7.5	-2.2	2.2
22	-7	-7.5	-3.4 $+j12$	-3.4 $-j12$	$j24$	$-j24$	1.4 $+j12$	1.4 $-j12$	7	7.5	-2.3	2.3
23	-7.5	-1.5	-3.6 $+j13$	-3.6 $-j13$	$j25$	$-j25$	1.6 $+j13$	1.6 $-j13$	7.5	1.5	-2.4	2.4
24	-7.5	-2.5	-3.7 $+j14$	-3.7 $-j14$	$j26$	$-j26$	1.7 $+j14$	1.7 $-j14$	7.5	2.5	-2.5	2.5
25	-1.5	-4.5	-3.5 $+j3$	-3.5 $-j3$	$j27$	$-j27$	0.5 $+j3$	0.5 $-j3$	1.5	4.5	-2.6	2.6
26	-2.5	-4.5	-3.6 $+j4$	-3.6 $-j4$	$j28$	$-j28$	0.6 $+j4$	0.6 $-j4$	2.5	4.5	-2.7	2.7
27	-4.5	-5.5	-3.7 $+j5$	-3.7 $-j5$	$j29$	$-j29$	0.7 $+j5$	0.7 $-j5$	4.5	5.5	-2.8	2.8
28	-4.5	-5.5	-3.8 $+j6$	-3.8 $-j6$	$j30$	$-j30$	0.8 $+j6$	0.8 $-j6$	4.5	5.5	-2.9	2.9
29	-8	-8	-3.9 $+j7$	-3.9 $-j7$	$j31$	$-j31$	0.9 $+j7$	0.9 $-j7$	8	8	-3	3
30	-8	-8	-4 $+j8$	-4 $-j8$	$j32$	$-j32$	1 $+j8$	1 $-j8$	8	8	-3.4	3.4

Таблица 3: Исходные данные для Задания 3

Вариант	Желаемый выход системы $g_{ж}(t)$	Вариант	Желаемый выход системы $g_{ж}(t)$
1	$\sin t + e^{3t} \cos 9t$	16	$\sin(-5t) + e^{-7t} \sin 9t$
2	$\cos(-2t) + e^{6t} \sin 5t$	17	$\cos 4t + e^{-8t} \cos 5t$
3	$\sin 3t + e^{9t} \cos t$	18	$\sin t + e^{-3t} + e^{4t}$
4	$\cos 8t + e^{8t} \sin(-2t)$	19	$\cos(-2t) + e^{-8t} + te^{-8t}$
5	$\sin(-6t) + e^{2t} + e^{-t}$	20	$\sin 9t + e^{7t} + te^{7t}$
6	$\cos 5t + e^t + e^{-5t}$	21	$\cos 7t + e^{5t} + e^{4t}$
7	$\sin(-5t) + e^{5t} \cos(-5t)$	22	$\cos 6t + e^{-2t} \cos 3t$
8	$\sin(-3t) + e^{-9t} + e^{-t}$	23	$\sin 7t + e^{-t} \sin 7t$
9	$\cos 2t + e^{6t} + e^{-2t}$	24	$\sin 3t + e^{5t} + e^{6t}$
10	$\cos 6t + e^{-4t} \cos 8t$	25	$\cos(-4t) + e^{4t} + te^{4t}$
11	$\cos 4t + e^{6t} \cos 2t$	26	$\sin 3t + e^{9t} + e^{-6t}$
12	$\sin(-3t) + e^{7t} \sin t$	27	$\cos(-3t) + e^{-5t} \sin 7t$
13	$\sin 9t + e^{-3t} \cos 3t$	28	$\sin 4t + e^{-5t} \cos 2t$
14	$\sin(-5t) + e^{-4t} + te^{-2t}$	29	$\sin t + e^{9t} + e^{-7t}$
15	$\cos 7t + e^{-7t} + e^{5t}$	30	$\cos 9t + e^{9t} \sin(-t)$