

Банк заданий вступительного испытания в магистратуру

Базовая часть

Задание № 1 экзаменационного билета (8 баллов)

Тема 1 Характеристики линейных динамических звеньев и систем

Задание 1.1

Построить асимптотическую ЛАЧХ системы с передаточной функцией:

- 1) $W(p) = \frac{10(1+p)}{(1+5p)(1+0,1p)}$,
- 2) $W(p) = \frac{10(1+3p)}{p^2+2p+1}$,
- 3) $W(p) = \frac{10p(1+p)}{(1+2p)(1+0,5p)^2}$,
- 4) $W(p) = \frac{100(1+p)}{(1+3p)(1+2p)}$,
- 5) $W(p) = \frac{1000(1+p)}{p(1+10p)(1+0,1p)}$.

Тема 2 Устойчивость линейных непрерывных систем автоматического управления

Задание 1.2

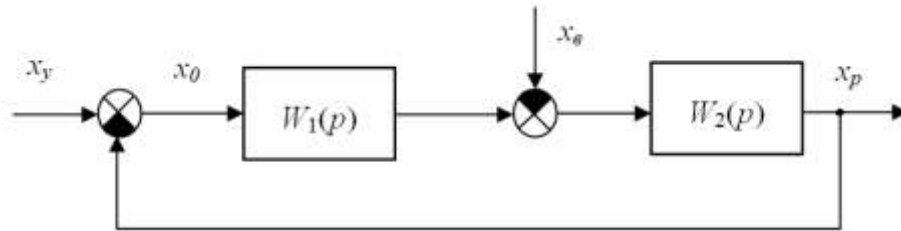
С помощью критерия Гурвица исследовать, при каких значениях коэффициента усиления K замкнутая система является устойчивой, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид:

- 1) $W_p(p) = \frac{K(1+T_4p)}{(1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p)}$, $T_1 = 0,1$, $T_2 = 0,5$, $T_3 = 1$, $T_4 = 0,01$;
- 2) $W_p(p) = \frac{K}{(p^2+2p+1)(1+p)}$;
- 3) $W_p(p) = \frac{K(1+p)}{p^2(1+2p)}$;
- 4) $W_p(p) = \frac{K}{p(1+T_1p)(1+T_2p)}$, $T_1 = 1$, $T_2 = 0,1$;
- 5) $W_p(p) = \frac{K(1+T_2p)}{p(1+p)(1+T_1p)}$, $T_1 = 0,1$, $T_2 = 0,5$.

Тема 3 Анализ качества регулирования в линейных непрерывных системах автоматического управления

Задание 1.3

Найти статические ошибки по управлению и по возмущению для системы, заданной структурной схемой:



Варианты заданий:

- 1) $W_1(p) = \frac{20}{p(0,5p+1)}$, $W_2(p) = \frac{5}{3p+1}$,
- 2) $W_1(p) = \frac{20}{0,5p+1}$, $W_2(p) = \frac{5}{p(7p^2+3p+1)}$,
- 3) $W_1(p) = \frac{20}{0,5p+1}$, $W_2(p) = \frac{5}{(3p+1)^2}$,
- 4) $W_1(p) = \frac{20}{10p+1}$, $W_2(p) = \frac{10}{5p^2+2p}$.

Пример выполнения задания 1.1

Построить асимптотическую ЛАЧХ системы с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{K(1+T_2 p)^2}{p(1+T_1 p)(1+T_3 p)^2}, \quad K = 100, \quad T_1 = 2, \quad T_2 = 0,5, \quad T_3 = 0,02.$$

Решение:

Для построения асимптотической ЛАЧХ перейдем к комплексному коэффициенту усиления, произведя в передаточной функции замену $p = j\omega$:

$$W(j\omega) = \frac{K(1+j\omega T_2)^2}{j\omega(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_3)^2}.$$

Запишем выражение для модуля комплексного коэффициента усиления системы:

$$A(\omega) = \frac{K \left(\sqrt{1+\omega^2 T_2^2} \right)^2}{\omega \sqrt{1+\omega^2 T_1^2} \left(\sqrt{1+\omega^2 T_3^2} \right)^2}.$$

Запишем выражение для точной ЛАЧХ – $L(\omega)$:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \omega - 20 \lg \sqrt{1+(\omega T_1)^2} + 40 \lg \sqrt{1+(\omega T_2)^2} - 40 \lg \sqrt{1+(\omega T_3)^2}.$$

Для построения асимптотической ЛАЧХ $\bar{L}(\omega)$ весь диапазон частот каждого выражения под знаком радикала разбиваем на два интервала, сопрягаемых на частотах $\omega_i = 1/T_i$, и пренебрегаем на них меньшим по величине слагаемым суммы.

Запишем частоты сопряжения в порядке их возрастания:

$$\omega_1 = 1/T_1 = 0,5,$$

$$\omega_2 = 1/T_2 = 2,$$

$$\omega_3 = 1/T_3 = 50$$

и рассмотрим последовательные частотные интервалы с различными видами асимптотической ЛАЧХ.

1-й интервал - $0 \leq \omega \leq \omega_1$:

$$\omega T_1 < 1, \quad \omega T_2 < 1, \quad \omega T_3 < 1$$

$$\bar{L}_1(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \omega.$$

2-й интервал - $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$:

$$\omega T_1 > 1, \quad \omega T_2 < 1, \quad \omega T_3 < 1$$

$$\begin{aligned} \bar{L}_2(\omega) &= \bar{L}_1(\omega) - 20 \lg \omega T_1 = 20 \lg K - 20 \lg \omega - 20 \lg \omega T_1 = 20 \lg K - 20 \lg \omega - 20 \lg \omega - 20 \lg T_1 = \\ &= 20 \lg \frac{K}{T_1} - 40 \lg \omega. \end{aligned}$$

3-й интервал - $\omega_2 \leq \omega \leq \omega_3$:

$$\omega T_1 > 1, \quad \omega T_2 > 1, \quad \omega T_3 < 1$$

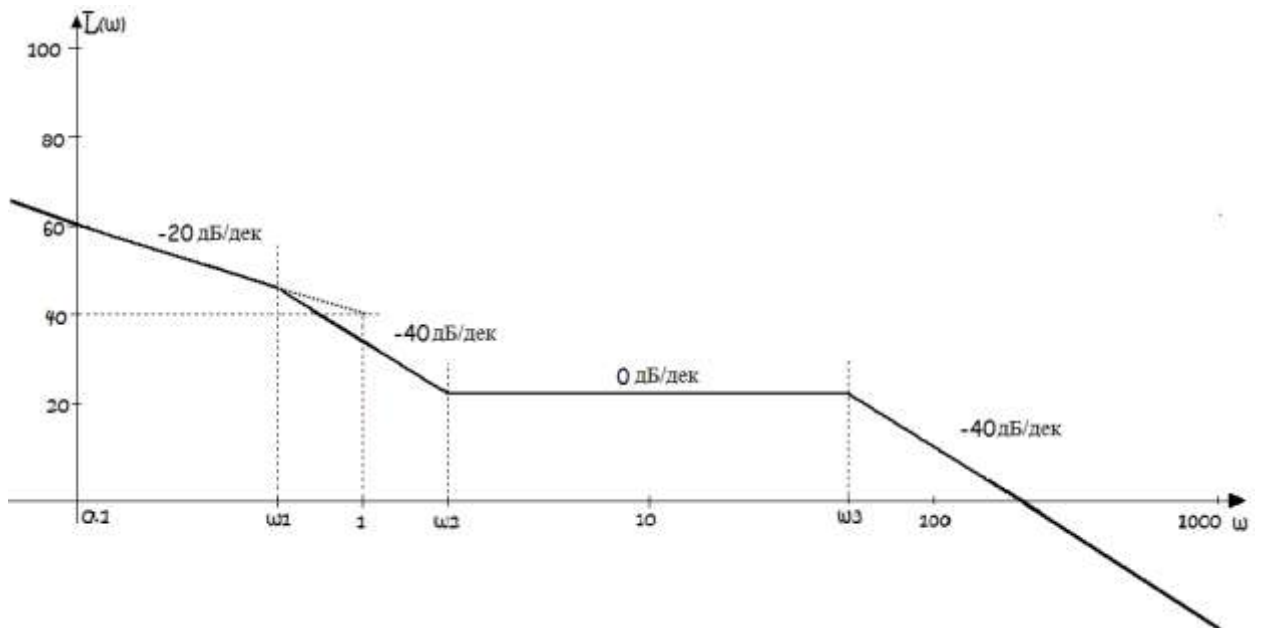
$$\bar{L}_3(\omega) = \bar{L}_2(\omega) + 40 \lg \omega T_2 = 20 \lg \frac{K}{T_1} - 40 \lg \omega + 40 \lg \omega T_2 = 20 \lg \frac{KT_2^2}{T_1}.$$

4-й интервал - $\omega_3 \leq \omega < \infty$:

$$\omega T_1 > 1, \quad \omega T_2 > 1, \quad \omega T_3 > 1$$

$$\bar{L}_4(\omega) = \bar{L}_3(\omega) - 40 \lg \omega T_3 = 20 \lg \frac{KT_2^2}{T_1 T_3^2} - 40 \lg \omega.$$

Таким образом, асимптотическая ЛАЧХ состоит из отрезков прямых с наклонами, указанными на графике. Уровень $\bar{L}(\omega)$ по оси ординат определяется значением продолжения $\bar{L}_1(\omega)$ на частоте $\omega = 1$, равным $20 \lg K = 20 \lg 100 = 40$ (дБ).



Пример выполнения задания 1.2

С помощью критерия Гурвица исследовать, при каких значениях коэффициента усиления K замкнутая система является устойчивой, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид:

$$W_p(p) = \frac{K}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3)}, \quad T_1 = T_2 = T_3.$$

Решение:

Передаточная функция замкнутой системы имеет вид:

$$W_3(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p)} = \frac{B_3(p)}{A_3(p)}.$$

Определим передаточную функцию заданной замкнутой системы и запишем по ней характеристический полином замкнутой системы:

$$A_3(p) = (1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3) + K,$$

$$A_3(p) = T_1T_2T_3p^3 + (T_1T_2 + T_2T_3 + T_1T_3)p^2 + (T_1 + T_2 + T_3)p + K + 1,$$

$$A_3(p) = a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3,$$

где $a_0 = T_1T_2T_3$, $a_1 = T_1T_2 + T_2T_3 + T_1T_3$, $a_2 = T_1 + T_2 + T_3$, $a_3 = K + 1$.

Для устойчивости системы 3-го порядка по Гурвицу необходимо и достаточно, чтобы при $a_0 > 0$ были положительны все коэффициенты характеристического полинома и частный определитель Гурвица второго порядка.

Положительность коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , a_3 выполняется.

Составим главный определитель Гурвица:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

и из него – частный определитель второго порядка

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}.$$

Для устойчивости системы должно выполняться условие:

$$\Delta_2 = a_1a_2 - a_0a_3 > 0,$$

то есть

$$(K + 1)T_1T_2T_3 < (T_1 + T_2 + T_3)(T_1T_2 + T_2T_3 + T_1T_3).$$

Разрешим данное неравенство относительно коэффициента усиления K с учетом, что $T_1T_2T_3 > 0$:

$$K < \left(1 + \frac{T_1}{T_3} + \frac{T_2}{T_3}\right) \left(1 + \frac{T_3}{T_2} + \frac{T_3}{T_1}\right) - 1. \quad (*)$$

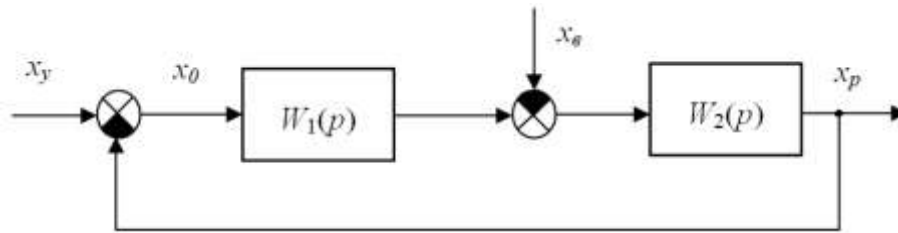
Предельным ($K_{пред}$) называется коэффициент усиления, при котором замкнутая система находится на границе устойчивости. Он находится из условия, когда неравенство (*) заменяется равенством.

В рассматриваемой задаче $T_1 = T_2 = T_3$, а значит, $K_{пред} = 8$. Таким образом, замкнутая система будет устойчивой при $0 \leq K < 8$.

Ответ: замкнутая система устойчива при $0 \leq K < 8$.

Пример выполнения задания 1.3

Найти статические ошибки по управлению и по возмущению для системы, заданной структурной схемой:



$$W_1(p) = \frac{10}{0,5p+1}; \quad W_2(p) = \frac{5}{p(3p+1)}; \quad x_y(t) = a \cdot u(t); \quad x_g(t) = b \cdot u(t).$$

Решение:

Определим передаточную функцию ошибки x_{oy} по управляющему воздействию $x_y(t)$, положив $x_g(t) = 0$:

$$W_{oy}(p) = \frac{X_{oy}(p)}{X_y(p)} = \frac{1}{1+W_1(p)W_2(p)}.$$

Изображение ошибки $x_{oy}(t)$ имеет вид:

$$X_{oy}(p) = W_{oy}(p) \cdot X_y(p) = \frac{1}{1+W_1(p)W_2(p)} \cdot \frac{a}{p}.$$

Статическая ошибка по управлению Δ_y равна $\Delta_y = \lim_{t \rightarrow \infty} x_{oy}(t)$ или, на основании теоремы о предельном значении функции,

$$\Delta_y = \lim_{p \rightarrow 0} pX_{oy}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p \frac{1}{1 + \frac{10}{0,5p+1} \cdot \frac{5}{p(3p+1)}} \cdot \frac{a}{p} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{(0,5p+1)p(3p+1) \cdot a}{(0,5p+1)p(3p+1) + 50} = 0.$$

Определим передаточную функцию ошибки x_{og} по возмущению $x_g(t)$, положив $x_y(t) = 0$:

$$W_{og}(p) = \frac{X_{og}(p)}{X_g(p)} = \frac{W_2(p)}{1+W_1(p)W_2(p)}.$$

Изображение ошибки $x_{og}(t)$ имеет вид:

$$X_{og}(p) = W_{og}(p) \cdot X_g(p) = \frac{W_2(p)}{1+W_1(p)W_2(p)} \cdot \frac{b}{p}.$$

Найдем статическую ошибку по возмущению Δ_g с учетом теоремы о предельном значении функции:

$$\Delta_g = \lim_{t \rightarrow \infty} x_{og}(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pX_{og}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p \frac{\frac{5}{p(3p+1)}}{1 + \frac{10}{0,5p+1} \cdot \frac{5}{p(3p+1)}} \cdot \frac{b}{p} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{5(0,5p+1) \cdot b}{(0,5p+1)p(3p+1) + 10 \cdot 5} = \frac{b}{10}.$$

Ответ: статическая ошибка по управлению равна нулю ($\Delta_y = 0$), а по возмущению –

$$\Delta_e = \frac{b}{10}.$$

Задание № 2 экзаменационного билета (16 баллов)

Тема 1 Модели описания систем и их преобразование

Задание 2.1

По заданной системе дифференциальных уравнений составить структурную схему системы автоматического управления и определить передаточную функцию системы

$$W(p) = \frac{X_{\text{был}}(p)}{X_{\text{ex}}(p)}, \text{ используя правила структурных преобразований.}$$

$1) \begin{cases} x_1 = x_{\text{ex}} - x_4 \\ x_2 = T_1 \frac{dx_1}{dt} \\ x_3 = K_3 x_{\text{был}} \\ T_2 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_2 x_5 \\ x_5 = x_2 + x_3 \\ T_3 \frac{dx_{\text{был}}}{dt} + x_{\text{был}} = K_4 (T_4 \frac{dx_5}{dt} + x_5) \end{cases}$	$2) \begin{cases} \delta = x_{\text{ex}} - x_7 \\ x_2 = T_2 x_{\text{ex}} \\ T_5 \frac{dx_5}{dt} + x_5 = K_5 x_{\text{был}} \\ T_1 \frac{dx_1}{dt} + x_1 = K_1 \delta \\ T_4 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_4 (T_3 \frac{dx_{\text{был}}}{dt} + x_{\text{был}}) \\ \frac{dx_{\text{был}}}{dt} = K_3 (x_1 + x_2) \\ x_6 = K_6 x_5 \\ x_7 = x_4 + x_6 \end{cases}$
$3) \begin{cases} \delta = x_{\text{ex}} - x_{\text{был}} \\ x_3 = K_3 (\delta - x_2) \\ T_1 \frac{dx_1}{dt} + x_1 = K_1 (\delta - x_2) \\ \frac{dx_2}{dt} = K_2 x_1 \\ T_4 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_4 (T_3 \frac{dx_1}{dt} + x_1) \\ x_5 = K_5 (x_3 + x_4) \\ T_6 \frac{dx_{\text{был}}}{dt} + x_{\text{был}} = K_6 x_5 \end{cases}$	$4) \begin{cases} \delta = x_{\text{ex}} - x_7 \\ x_1 = K_1 \delta \\ T_2 \frac{dx_2}{dt} + x_2 = K_2 x_1 \\ T_3 \frac{dx_{\text{был}}}{dt} + x_{\text{был}} = K_3 \left(T_7 \frac{dx_2}{dt} + x_2 \right) \\ T_5 \frac{dx_5}{dt} + x_5 = K_5 x_2 \\ T_4 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_4 (x_5 + x_{\text{был}}) \\ T_6 \frac{dx_6}{dt} + x_6 = K_6 x_1 \\ x_7 = x_4 + x_6 \end{cases}$

$5) \begin{cases} \delta = x_{\text{ex}} - x_5 \\ T_1 \frac{dx_1}{dt} + x_1 = K_1 \delta \\ T_2 \frac{dx_2}{dt} + x_2 = K_2 \delta \\ x_3 = x_1 + x_2 - x_4 \\ x_{\text{блх}} = K_3 x_3 \\ x_5 = x_{\text{блх}} + x_3 \\ T_4 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_4 x_{\text{блх}} \end{cases}$	$6) \begin{cases} \delta = x_{\text{ex}} - x_4 \\ x_3 = \delta - x_2 \\ T_1 \frac{dx_1}{dt} + x_1 = K_1 (T_2 \frac{dx_3}{dt} + x_3) \\ x_2 = K_2 \frac{dx_1}{dt} \\ T_4 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_4 (x_1 + x_{\text{блх}}) \\ T_3 \frac{dx_{\text{блх}}}{dt} + x_{\text{блх}} = K_3 x_1 \end{cases}$
--	--

Пример выполнения задания 2.1

По заданной системе дифференциальных уравнений составить структурную схему системы автоматического управления и определить передаточную функцию системы, используя правила структурных преобразований:

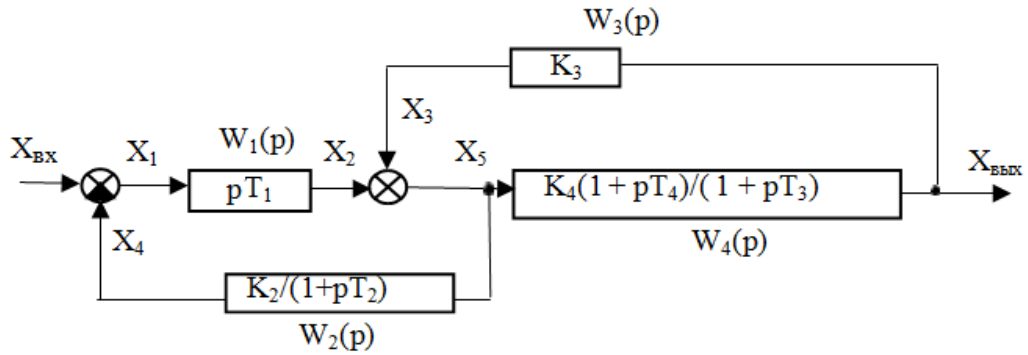
$$\begin{cases} x_1 = x_{\text{ex}} - x_4 & (1) \\ x_2 = T_1 \frac{dx_1}{dt} & (2) \\ x_3 = K_3 x_{\text{блх}} & (3) \\ T_2 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_2 x_5 & (4) \\ x_5 = x_2 + x_3 & (5) \\ T_3 \frac{dx_{\text{блх}}}{dt} + x_{\text{блх}} = K_4 (T_4 \frac{dx_5}{dt} + x_5) & (6) \end{cases}$$

Решение:

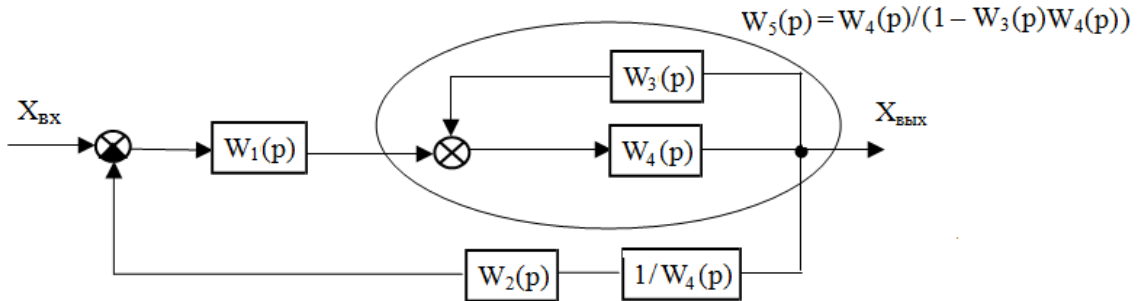
Преобразуя уравнения (1) – (6) по Лапласу при нулевых начальных условиях, получим:

$$\begin{cases} X_1(p) = X_{\text{ex}}(p) - X_4(p) & (1') \\ X_2 = T_1 p X_1(p) & (2') \\ X_3(p) = K_3 X_{\text{блх}}(p) & (3') \\ (T_2 p + 1) X_4(p) = K_2 X_5(p) & (4') \\ X_5(p) = X_2(p) + X_3(p) & (5') \\ (T_3 p + 1) X_{\text{блх}} = K_4 (T_4 p + 1) X_5 & (6') \end{cases}$$

Полученной системе уравнений соответствует структурная схема:

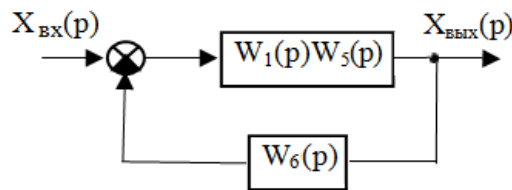


Обозначим для удобства передаточные функции динамических звеньев как $W_1(p)$, $W_2(p)$, $W_3(p)$ и $W_4(p)$. Согласно правилам структурных преобразований, перенесем левый узел через звено с передаточной функцией $W_4(p)$ со входа данного звена на его выход (при этом в цепь ответвления добавится звено с передаточной функцией, обратной $W_4(p)$):



Вычислим передаточную функцию соединения звеньев в цепь обратной связи и обозначим ее как $W_5(p)$; последовательно соединенные звенья с передаточными функциями $W_2(p)$ и $1/W_4(p)$ эквивалентны звену с передаточной функцией $W_2(p)/W_4(p)$ – обозначим ее как $W_6(p)$.

Далее, с учетом того, что звенья с передаточными функциями $W_1(p)$ и $W_5(p)$ соединены последовательно, будем иметь:



Искомая передаточная функция системы вычисляется как передаточная функция соединения звеньев в цепь обратной связи: $W(p) = \frac{W_1(p)W_5(p)}{1 + W_1(p)W_5(p)W_6(p)}$.

Ответ: передаточная функция системы равна $W(p) = \frac{W_1(p)W_5(p)}{1 + W_1(p)W_5(p)W_6(p)}$, где

$$W_1(p) = pT_1, \quad W_5(p) = \frac{W_4(p)}{1 - W_3(p)W_4(p)} = \frac{\frac{K_4(1+pT_4)}{1+pT_3}}{1 - \frac{K_3K_4(1+pT_4)}{1+pT_3}} \quad \text{и} \quad W_6(p) = \frac{W_2(p)}{W_4(p)} = \frac{\frac{K_2}{1+pT_2}}{\frac{K_4(1+pT_4)}{1+pT_3}}$$

Задание № 3 экзаменационного билета (8 баллов)

Тема 1 Элементарные логические функции двух переменных: формы представления (аналитическая, табличная), преобразование из одной формы представления в другую, минимизация функций (карты Карно)

Задание 3.1

Напишите аналитическое выражение в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) для логической функции Y четырех переменных (a, b, c, d), заданной в таблице ниже. Составьте карту Карно и минимизируйте полученное в СДНФ аналитическое выражение.

1)	<table border="1"><thead><tr><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>γ</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></tbody></table>	a	b	c	d	γ	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
	a	b	c	d	γ																																																																																	
	0	0	0	0	1																																																																																	
	0	0	0	1	0																																																																																	
	0	0	1	0	0																																																																																	
	0	0	1	1	0																																																																																	
	0	1	0	0	1																																																																																	
	0	1	0	1	1																																																																																	
	0	1	1	0	0																																																																																	
	0	1	1	1	1																																																																																	
	1	0	0	0	1																																																																																	
	1	0	0	1	0																																																																																	
	1	0	1	0	1																																																																																	
	1	0	1	1	1																																																																																	
	1	1	0	0	1																																																																																	
	1	1	0	1	0																																																																																	
1	1	1	0	0																																																																																		
1	1	1	1	0																																																																																		
2)	<table border="1"><thead><tr><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>γ</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></tbody></table>	a	b	c	d	γ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1																																													
	a	b	c	d	γ																																																																																	
	0	0	0	0	0																																																																																	
	0	0	0	1	1																																																																																	
	0	0	1	0	1																																																																																	
	0	0	1	1	1																																																																																	
	0	1	0	0	0																																																																																	
	0	1	0	1	0																																																																																	
0	1	1	0	1																																																																																		

	<table border="1"> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0																																								
0	1	1	1	0																																																																																		
1	0	0	0	0																																																																																		
1	0	0	1	0																																																																																		
1	0	1	0	1																																																																																		
1	0	1	1	0																																																																																		
1	1	0	0	1																																																																																		
1	1	0	1	1																																																																																		
1	1	1	0	1																																																																																		
1	1	1	1	0																																																																																		
3)	<table border="1"> <thead> <tr><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	a	b	c	d	y	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
a	b	c	d	y																																																																																		
0	0	0	0	1																																																																																		
0	0	0	1	1																																																																																		
0	0	1	0	1																																																																																		
0	0	1	1	0																																																																																		
0	1	0	0	0																																																																																		
0	1	0	1	1																																																																																		
0	1	1	0	0																																																																																		
0	1	1	1	0																																																																																		
1	0	0	0	0																																																																																		
1	0	0	1	1																																																																																		
1	0	1	0	0																																																																																		
1	0	1	1	0																																																																																		
1	1	0	0	0																																																																																		
1	1	0	1	1																																																																																		
1	1	1	0	1																																																																																		
1	1	1	1	1																																																																																		
4)	<table border="1"> <thead> <tr><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	a	b	c	d	y	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0																																																							
a	b	c	d	y																																																																																		
0	0	0	0	1																																																																																		
0	0	0	1	1																																																																																		
0	0	1	0	0																																																																																		
0	0	1	1	1																																																																																		
0	1	0	0	0																																																																																		

ниже. Составьте карту Карно и минимизируйте полученное в СДНФ аналитическое выражение.

a	b	c	d	γ
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Находим аналитическое выражения функции Y в СДНФ, пользуясь следующими правилами:

1. Отметить те строки таблицы истинности, в которых значение функции равно 1.
2. Для каждого отмеченного набора входных переменных записать конъюнкцию всех переменных по следующему правилу: если значение некоторой переменной есть 1, то в конъюнкцию включаем саму переменную, иначе — её отрицание.
3. Все полученные конъюнкции связать операциями дизъюнкции.

Таким образом получим:

$$Y = \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}\bar{b}cd + a\bar{b}\bar{c}d + a\bar{b}c\bar{d} + a\bar{b}cd + a\bar{b}c\bar{d} + a\bar{b}cd$$

Составим карту Карно.

Карта Карно представляет собой двумерную таблицу истинности функции, размерностью, определяемой числом входных переменных, строки и столбцы соответствуют возможным значениям входных переменных, представленных в коде Грея, а каждая ячейка соответствует выходной переменной для соответствующих значений входов.

Получим карту Карно:

cd		00	01	11	10
ab	00	1	0	0	0
	01	1	1	1	0
	11	1	0	0	0
	10	1	0	1	1

Выполним операцию склейки областей. Операцией склейки можно объединять смежные клетки, содержащие единицы. Склеивать можно только прямоугольные области с числом единиц (нулей), равным 2^n , где n — целое число. Крайние клетки каждой горизонтали и каждой вертикали также граничат между собой и могут объединяться в прямоугольники.

На рисунке полученные склейки выделены красным овалом.

Запишем минимизированное аналитическое выражения функции Y , пользуясь следующим правилом обработки склеек.

1. Число конъюнкций в минимизированном выражении функции равно числу склеек.
2. Для каждой склейки записывается одна конъюнкция по следующему правилу: выделяются входные переменные, не изменяющие значения в пределах склейки. Если неизменяющаяся переменная равна «1», она входит в конъюнкцию в прямом виде, если переменная равна «0», она входит в конъюнкцию в инверсном виде.
3. Полученные конъюнкции связываются операцией дизъюнкции.

Для рассматриваемого примера получим: $Y = !c!d + !a*b*d + a*!b*c$

Задание № 4 экзаменационного билета (8 баллов)

Тема 1 Классификация и кластеризация

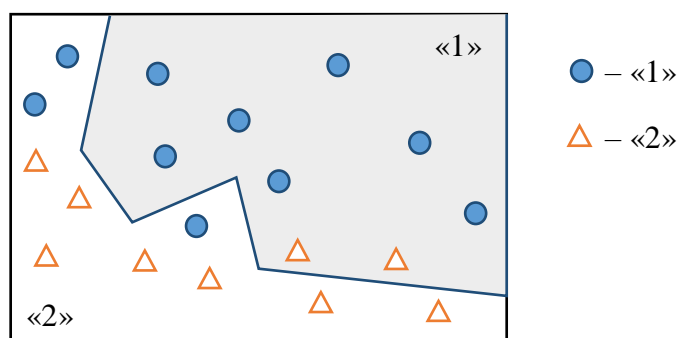
Задание 4.1

Рассчитать оценки качества Accuracy, Precision, Recall, F1-score для заданного класса на выборке, показанной на области истинных значений классов «1» и «2»:

- 1) Для класса «1»;
- 2) Для класса «2».

Пример выполнения задания 4.1

Рассчитать оценки качества Accuracy, Precision, Recall, F1-score для класса «1» на выборке, показанной на области истинных значений классов:



Оценки Accuracy, Precision, Recall, F1-score для бинарной классификации рассчитываются по следующим формулам:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F_1score = 2 \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$$

где TP – число правильно классифицированных примеров целевого класса, TN – число правильно классифицированных примеров противоположного класса, FP – число неправильно классифицированных примеров, отнесенных к целевому классу, FN – число неправильно классифицированных примеров, отнесенных к противоположному классу.

Целевым классом является «1», а противоположным – «2». Посчитав принадлежность примеров областям истинных значений классов, получим:

$$TP = 7; TN = 7; FP = 2; FN = 3$$

Рассчитаем значения

$$Accuracy = \frac{14}{19} = 0.74$$

$$Precision = \frac{7}{9} = 0.78$$

$$Recall = \frac{7}{10} = 0.70$$

$$F_1score = 2 * \frac{49}{90} * \frac{1}{\frac{7}{9} + \frac{7}{10}} = 2 * \frac{49}{90} * \frac{90}{133} = \frac{98}{133} = 0.74$$

Задание 4.2

Даны объекты, двух классов, описываемые векторами, причём X_1, X_2, X_3, X_4 принадлежат классу «0», а X_5, X_6, X_7, X_8 принадлежат классу «1».

Дан новый объект, описываемый вектором X_N .

На основе метода К-ближайших соседей определить, к какому классу будет относиться объект X_N при $K = 1, 3, 5$.

Использовать метрику городских кварталов.

1) Класс «0»: $X_1 = [3, 5, 3]$, $X_2 = [1, 4, 4]$, $X_3 = [2, 5, 1]$, $X_4 = [3, 1, 1]$.

Класс «1»: $X_5 = [2, 3, 4]$, $X_6 = [0, 3, 3]$, $X_7 = [2, 4, 1]$, $X_8 = [2, 2, 2]$.

Новый объект $X_N = [4, 1, 3]$.

- 2) Класс «0»: $X_1 = [1, 3, 1]$, $X_2 = [0, 3, 0]$, $X_3 = [3, 1, 4]$, $X_4 = [4, 2, 2]$.
 Класс «1»: $X_5 = [1, 1, 0]$, $X_6 = [2, 2, 2]$, $X_7 = [3, 0, 0]$, $X_8 = [3, 4, 2]$.
 Новый объект $X_N = [4, 3, 2]$.
- 3) Класс «0»: $X_1 = [1, 1, 0]$, $X_2 = [4, 1, 0]$, $X_3 = [0, 5, 1]$, $X_4 = [0, 7, 2]$.
 Класс «1»: $X_5 = [0, 3, 0]$, $X_6 = [0, 1, 2]$, $X_7 = [1, 1, 6]$, $X_8 = [1, 0, 8]$.
 Новый объект $X_N = [0, 1, 1]$.

Пример выполнения задания 4.2

Даны объекты, двух классов, описываемые векторами:

$X_1 = [3, 5, 3]$, $X_2 = [1, 4, 4]$, $X_3 = [2, 5, 1]$, $X_4 = [3, 1, 1]$ – принадлежат классу «0»;

$X_5 = [2, 3, 4]$, $X_6 = [0, 3, 3]$, $X_7 = [2, 4, 1]$, $X_8 = [2, 2, 2]$ – принадлежат классу «1».

Дан новый объект, описываемый вектором $X_N = [4, 1, 3]$.

На основе метода К-ближайших соседей определить, к какому классу будет относиться объект X_N при $K = 1, 3, 5$.

Использовать метрику городских кварталов.

Рассчитать расстояния от X_N до каждого из объектов по формуле расстояния городских кварталов:

$$d(a, b) = \sum_{k=1}^n |a_k - b_k|$$

$$d_1 = |3 - 4| + |5 - 1| + |3 - 3| = 5$$

$$d_2 = 3 + 3 + 1 = 7$$

$$d_3 = 2 + 4 + 2 = 8$$

$$d_4 = 1 + 0 + 2 = 3$$

$$d_5 = 2 + 2 + 1 = 6$$

$$d_6 = 4 + 2 + 0 = 6$$

$$d_7 = 2 + 3 + 2 = 7$$

$$d_8 = 2 + 1 + 1 = 4$$

Отранжируем объекты по близости: $d_4, d_8, d_1, d_5, d_6, d_2, d_7, d_3$

Определяем классы, к которым относятся $K = 1, 3, 5$ ближайших соседей.

Для $K = 1$:

d_4 — относится к классу «0».

Следовательно, X_N относится к классу «0»

Для $K = 3$:

d_4 — относится к классу «0».

d_8 — относится к классу «1».

d_1 — относится к классу «0».

Следовательно, X_N относится к классу «0»

Для $K = 5$:

d_4 — относится к классу «0».

d_8 — относится к классу «1».

d_1 — относится к классу «0».

d_5 — относится к классу «1».

d_6 — относится к классу «1».

Следовательно, X_N относится к классу «1»

Специальная часть

Задание № 5 экзаменационного билета (11 баллов)

Тема 1 Исследования динамики нелинейных систем автоматического управления

Задание 5.1 (теоретическое)

Определение понятия устойчивости по Ляпунову процессов в нелинейных систем. Первый метод Ляпунова исследования устойчивости «в малом». Его возможности и ограничения.

Задание 5.2 (теоретическое)

Метод фазовой плоскости исследования динамики систем автоматического управления: его возможности и ограничения, свойства фазовых траекторий.

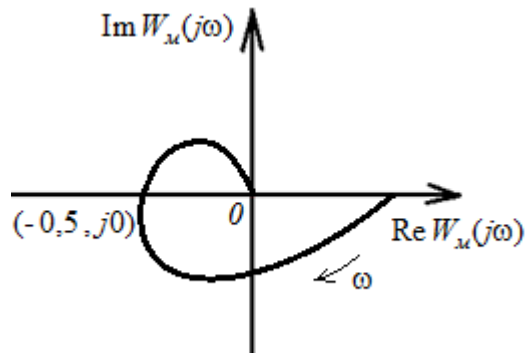
Задание 5.3 (теоретическое)

Определение автоколебаний в нелинейной системе управления методом гармонического баланса, их параметров и устойчивости. Гипотеза фильтра.

Задание 5.4 (практическое)

С помощью критерия В.М. Попова исследовать устойчивость положения равновесия замкнутой нелинейной системы с устойчивой линейной частью, для которой заданы характеристика нелинейного элемента $y = \varphi(x)$ и модифицированная амплитудно-фазовая характеристика линейной части $W_m(j\omega)$.

$W_m(j\omega)$ (одинаковая для всех вариантов):



$\varphi(x)$ (по вариантам):

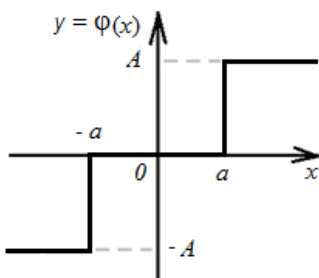


Рис. 1

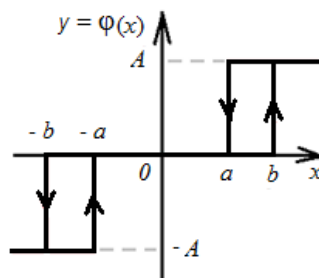


Рис. 2

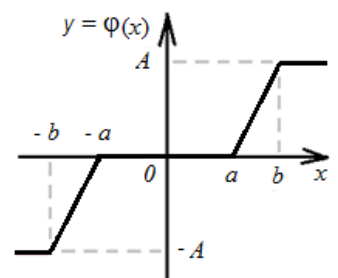


Рис. 3

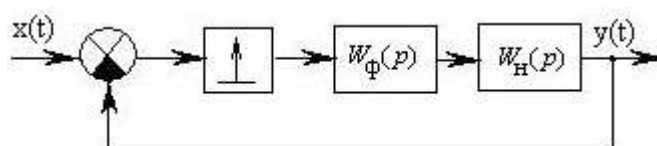
Варианты заданий:

- 1) Рис. 1, $a = 3$, $A = 12$,
- 2) Рис. 1, $a = 3$, $A = 3$,
- 3) Рис. 2, $a = 2$, $b = 4$, $A = 1$,
- 4) Рис. 2, $a = 1$, $b = 3$, $A = 4$,
- 5) Рис. 3, $a = 3$, $b = 4$, $A = 2$,
- 6) Рис. 3, $a = 2$, $b = 3$, $A = 9$.

Тема 2 Линейные импульсные системы автоматического управления

Задание 5.5 (практическое)

Для заданной структурной схемы линейной импульсной системы автоматического управления (ИСАУ) найти дискретную передаточную функцию разомкнутой ИСАУ $W_p^*(p)$.



Варианты заданий:

- 1) $W_\phi(p) = 1$, $W_H(p) = \frac{10(1+4p)}{(1+6p)(1+8p)}$,
- 2) $W_\phi(p) = \frac{1-e^{-pT}}{p}$, $W_H(p) = \frac{2(1+8p)}{(1+2p)(1+5p)}$,
- 3) $W_\phi(p) = \frac{1-e^{-pT}}{p}$, $W_H(p) = \frac{5(1+8p)}{p(1+7p)}$,
- 4) $W_\phi(p) = \frac{1-e^{-pT}}{p}$, $W_H(p) = \frac{100}{p(1+6p)}$,
- 5) $W_\phi(p) = \frac{1-e^{-pT}}{p}$, $W_H(p) = \frac{3}{1+4p}$.

Примечание. При решении можно воспользоваться справочной таблицей изображений непрерывных и дискретных функций по Лапласу (T – период квантования):

№ п/п	$x(t)$ при $t \geq 0$	$X(p)$	$X^*(p)$
1	$1_0(t)$	$\frac{1}{p}$	$\frac{e^{pT}}{e^{pT} - 1}$
2	t	$\frac{1}{p^2}$	$T \cdot \frac{e^{pT}}{(e^{pT} - 1)^2}$
3	$\frac{1}{2!} t^2$	$\frac{1}{p^3}$	$\frac{T^2}{2!} \cdot \frac{e^{pT}(e^{pT} + 1)}{(e^{pT} - 1)^3}$
4	e^{-at}	$\frac{1}{p + \alpha}$	$\frac{e^{pT}}{e^{pT} - e^{-\alpha T}}$

5	$te^{-\alpha t}$	$\frac{1}{(p + \alpha)^2}$	$T \cdot \frac{e^{-\alpha T} e^{pT}}{(e^{pT} - e^{-\alpha T})^2}$
---	------------------	----------------------------	---

Задание 5.6 (теоретическое)

Условия, при которых ИСАУ можно исследовать как непрерывную.

Задание 5.7 (теоретическое)

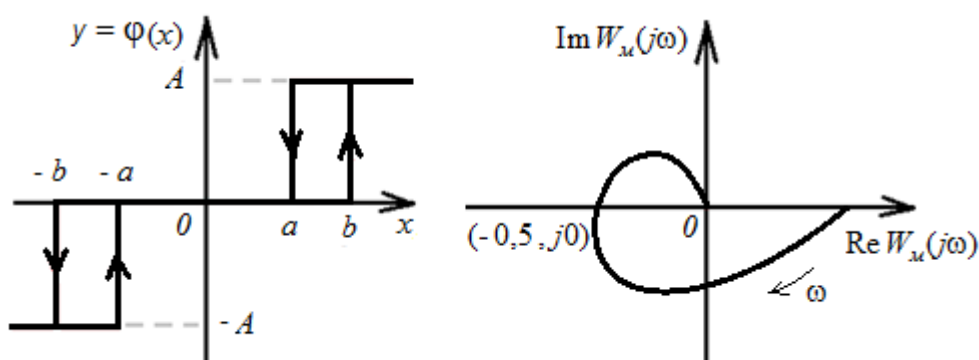
Оценка устойчивости линейной импульсной системы автоматического управления по критерию Гурвица.

Задание 5.8 (теоретическое)

Оценка устойчивости линейной импульсной системы автоматического управления по критерию Найквиста для случаев устойчивой, неустойчивой и нейтрально-устойчивой разомкнутой системы.

Пример выполнения задания 5.4

С помощью критерия В.М. Попова исследовать устойчивость положения равновесия замкнутой нелинейной системы с устойчивой линейной частью, для которой заданы характеристика нелинейного элемента $y = \varphi(x)$ и модифицированная амплитудно-фазовая характеристика линейной части $W_m(j\omega)$:



$$a = 4, b = 6, A = 5.$$

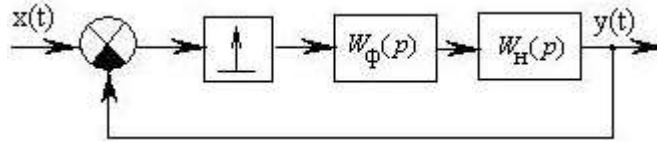
Решение:

Характеристика нелинейного элемента лежит в секторе с нижней границей, совпадающей с осью x , и верхней границей, определяемой прямой, проходящей через точки $(0,0)$, (a,A) с угловым коэффициентом $K_0 = \frac{A}{a} = 1,25$. Для устойчивости положения равновесия по критерию В.М. Попова достаточно, чтобы на плоскости модифицированной амплитудно-фазовой характеристики линейной части через точку $-\frac{1}{K_0}$ можно было бы провести прямую с отрицательным наклоном, ввиду характеристики нелинейного элемента с пассивным гистерезисом, так, чтобы характеристика линейной части находилась справа от данной прямой. В данном случае точка $-\frac{1}{K_0} = -0,8$, то есть требования критерия В.М. Попова выполняются.

Ответ: положение равновесия замкнутой системы является устойчивым.

Пример выполнения задания 5.5

Для заданной структурной схемы линейной импульсной системы автоматического управления (ИСАУ) найти дискретную передаточную функцию разомкнутой ИСАУ $W_p^*(p)$.



$$W_\phi(p) = \frac{1 - e^{-pT}}{p}, \quad W_n(p) = \frac{K_1}{1 + pT_1}.$$

Решение:

Дискретная передаточная функция разомкнутой ИСАУ может быть найдена как \bar{D} -преобразование передаточной функции $W_n(p)$ приведенной непрерывной части системы, которая, в свою очередь, равна $W_\phi(p) \cdot W_n(p)$:

$$W_p^*(p) = \bar{D}\{W_n(p)\} = \bar{D}\{W_\phi(p) \cdot W_n(p)\} = \bar{D}\left\{\frac{1 - e^{-pT}}{p} \cdot \frac{K_1}{1 + pT_1}\right\}.$$

С учетом свойства линейности \bar{D} -преобразования и теоремы об умножении преобразуемой функции (изображения непрерывного сигнала) на экспоненту получим

$$W_p^*(p) = K_1(1 - e^{-pT})\bar{D}\left\{\frac{1}{p(1 + pT_1)}\right\}.$$

Далее представим выражение в фигурных скобках в виде суммы простых дробей, для которых можно воспользоваться таблицей, связывающей изображения непрерывных и дискретных сигналов. В результате получим

$$\begin{aligned} W_p^*(p) &= K_1(1 - e^{-pT})\bar{D}\left\{\frac{1}{p} - \frac{1}{p + 1/T_1}\right\} = K_1(1 - e^{-pT})\left(\frac{e^{pT}}{e^{pT} - 1} - \frac{e^{pT}}{e^{pT} - e^{-\frac{T}{T_1}}}\right) = \\ &= K_1(e^{pT} - 1) \frac{e^{pT} - e^{-\frac{T}{T_1}} - e^{pT} + 1}{(e^{pT} - 1)\left(e^{pT} - e^{-\frac{T}{T_1}}\right)} = K_1 \frac{1 - e^{-\frac{T}{T_1}}}{e^{pT} - e^{-\frac{T}{T_1}}}. \end{aligned}$$

Ответ: $W_p^*(p) = K_1 \frac{1 - e^{-\frac{T}{T_1}}}{e^{pT} - e^{-\frac{T}{T_1}}}.$

Задание № 6 экзаменационного билета (11 баллов)

Тема 1 Программные средства для решения задач моделирования, исследования и разработки систем управления

Задание 6.1 (теоретическое)

Среда программирования Python. Понятия объекта и класса в Python. Встроенные и пользовательские классы. Создание пользовательских классов и объектов.

Задание 6.2 (теоретическое)

Структурные компоненты программ в Python. Понятие объекта-функции. Классификация функций. Стандартные функции и способы их использования. Шаблон оформления обычной пользовательской функции.

Задание 6.3 (теоретическое)

Классы, к которым относится Python по разным классификациям ПО. Основные характеристики среды Python. Полезные свойства и недостатки языка. Области применения среды Python. Возможность установки дополнительных пакетов программ.

Задание 6.4 (практическое)

Разработайте алгоритм и напишите программу (на одном из языков: C/C++, Python, Delphi, m, R), выполняющую следующие операции:

- 1) Ввод данных из файла Dan.txt (в столбец записаны числовые данные, представляющие выработку электроэнергии на ТЭЦ по дням месяца на некотором календарном периоде).
- 2) Расчет по этим данные значения средневневной выработки электроэнергии.
- 3) Определение числа дней, в которые выработка электроэнергии превышала это среднее значение.
- 4) Отображение результатов расчетов.

Задание 6.5 (практическое)

Разработайте алгоритм и напишите программу (на одном из языков: C/C++, Python, Delphi, m, R), выполняющую следующие операции:

- ввод из текстового файла Dan.txt записанных в столбец числовых данных – измерений ежедневно в некотором месяце значений выработки тепловой энергии на одной из ТЭЦ;
- расчет абсолютных изменений выработки тепла в каждый день в сравнении с предыдущим днем;
- определение и отображение этих изменений для трех дней с наибольшими рассчитанными изменениями (дни и значения).

Примеры выполнения задания 6.4

На языке m

```
EIEEn=load('Dan.txt')
N=length(EIEEn)
Srd=mean(EIEEn)
NN=sum(EIEEn>Srd)
fprintf('Число дней с выработкой больше средней = %d\n',NN)
```

На языке Python

```
ff=open('Dan.txt','rt')
dan=[]
for strk in ff:
    dan.append(float(strk.rstrip('\n')))

ff.close()
```

```

N=len(dan)
Srd=sum(dan)/N
NN=0
for r in dan:
    if r>Srd:NN+=1
print('Число дней с повышенной выработкой=',NN)

```

На языке R

```

dan=scan('Dan.txt')
N=length(dan)
Srd=mean(dan)
NN=0
for (r in dan) if (r>Srd)NN=NN+1
cat('Число превышений=',NN,'\n')

```

Примеры выполнения задания 6.5

На языке m

```

Тепло=load('Dan.txt')
N=length(Тепло)
Izmen=abs(Тепло(2:end)-Тепло(1:end-1))
Res=sortrows([(2:N)' Izmen],2)
fprintf('День = %d изменение = %f\n',Res(end-2:end,:))

```

На языке Python

```

ff=open('Dan.txt','rt')
dan=[]
for strk in ff:
    dan.append(float(strk.rstrip('\n')))

ff.close()
N=len(dan)
Izmen=[]
for i in range(1,N):
    Izmen.append(abs(dan[i]-dan[i-1]))

dni=[]
Izmen1=Izmen
for i in range(3):
    r=max(Izmen1)
    m=Izmen1.index(r)
    dni.append(m)
    Izmen1[m]=0
    print('день='+str(m)+' Изменение = '+str(r)+'\n')

```

На языке R

```

dan=scan('Dan.txt')
N=length(dan)
Izmen=dan[2:N]-dan[1:N-1]
Mas=array(c(2:N,Izmen),c(N-1,2))
Mas1=Mas[order(Mas[,2]),]
print(Mas1[(N-3):(N-1),])

```

Задание № 7 экзаменационного билета (16 баллов)

Тема 1 Проектирование структур баз данных при разработке программного обеспечения систем управления

Задание 7.1 (практическое)

Спроектировать структуру базы данных для хранения (учета) информации о сдаче экзаменов студентами в ходе сессии (промежуточной аттестации).

В базе данных должна храниться следующая информация (минимальный набор полей) по каждому экзамену, сданному каждым студентом в ходе промежуточной аттестации: фамилия, имя, отчество студента; код направления подготовки студента; наименование учебной группы студента; код и наименование дисциплины, по которой производится аттестация; год утверждения учебного плана, включающего дисциплину, по которой производится аттестация; номер семестра с аттестацией по дисциплине; вид промежуточной аттестации (первичная, повторная, вторая повторная: ПА, ППА1, ППА2); дата аттестации; ФИО преподавателя, проводившего аттестацию; полученная оценка.

В состав базы данных должно входить не менее трех взаимосвязанных таблиц, каждая из которых находится в третьей нормальной форме. Для каждого хранимого поля укажите тип данных.

Задание 7.2 (практическое)

Спроектировать структуру базы данных для учета информации о выплатах студентам стипендий за период обучения.

В базе данных должна храниться следующая информация (минимальный набор полей): фамилия, имя, отчество студента, его код, наименование учебной группы, год и месяц, за который выплачивалась стипендия, семестр обучения, код и вид стипендии (академическая, социальная, повышенная, правительственная, именная), размер ежемесячной выплаты

В состав базы данных должно входить не менее трех взаимосвязанных таблиц, каждая из которых находится в третьей нормальной форме. Для каждого хранимого поля укажите тип данных.

Задание 7.3 (практическое)

Спроектировать структуру базы данных для учета информации об оплате стоимости обучения студентами, обучающимися с возмещением затрат на обучение.

В базе данных должна храниться следующая информация (минимальный набор полей): фамилия, имя, отчество студента, обучающегося на платной основе, его учебная группа, обучение в бакалавриате или магистратуре, код направления подготовки, название направления подготовки, ставка за обучение в вузе за 1 курс обучения, ставка за 2 курс обучения, ставка за 3 курс обучения, ставка за 4 курс обучения, семестр, за который внесена оплата, сумма внесенной оплаты.

В состав базы данных должно входить не менее трех взаимосвязанных таблиц, каждая из которых находится в третьей нормальной форме. Для каждого хранимого поля укажите тип данных.

Задание 7.4 (практическое)

Спроектировать структуру базы данных для учета информации об участии в научно-технических конференциях обучающихся в вузе студентов.

В базе данных должна храниться следующая информация (минимальный набор полей): фамилия, имя, отчество студента, сделавшего доклад, его учебная группа, профилирующая кафедра, полное и краткое название конференции, время проведения конференции, место проведения конференции, название доклада, были ли по докладу содокладчики.

В состав базы данных должно входить не менее трех взаимосвязанных таблиц, каждая из которых находится в третьей нормальной форме. Для каждого хранимого поля укажите тип данных.

Задание 7.5 (практическое)



Спроектировать структуру базы данных для учета информации о публикациях обучающихся в вузе студентов.

В базе данных должна храниться следующая информация (минимальный набор полей): фамилия, имя, отчество студента, сделавшего публикацию, его учебная группа, профилирующая кафедра, название публикации, тип издания (тезисы докладов на конференции, доклады конференции, сборник научных трудов, периодическое издание, другое), название издания, год издания, соавторы публикации (списком).

В состав базы данных должно входить не менее трех взаимосвязанных таблиц, каждая из которых находится в третьей нормальной форме. Для каждого хранимого поля укажите тип данных

Пример выполнения задания 7.1

Таб.1. Данные о сдаче экзаменов


Ключ	Содержание поля	Тип данных
	ID студента	Целое число
	Код дисциплины по учебному плану	Текст
	Номер семестра с аттестацией по дисциплине	Текст
	Вид промежуточной аттестации (первичная, повторная, вторая повторная: ПА, ППА1, ППА2)	Текст
	Дата аттестации	Дата
	ФИО преподавателя, проводившего аттестацию	Текст
	Полученная оценка	Целое число

Таб.2. Обучающиеся студенты

Ключ	Содержание поля	Тип данных
	ID студента	Целое число
	Фамилия имя отчество	Текст
	Код направления подготовки	Текст
	Учебная группа	Текст
	...	

Таб.3. Дисциплины

Ключ	Содержание поля	Тип данных
------	-----------------	------------

	Код дисциплины по учебному плану	Целое число
	Наименование дисциплины	Текст
	Год утверждения учебного плана	Целое число
	...	

Задание № 8 экзаменационного билета (11 баллов)

Тема 1 Статистический анализ данных

Задание 8.1 (теоретическое)

Основные типы гипотез, проверяемых в статистическом анализе. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия.

Задание 8.2 (теоретическое)

Свойства точечных оценок (несмещенность, состоятельность, эффективность). Обоснование несмещенности оценок МНК.

Задание 8.3 (теоретическое)

Точечные и интервальные оценки. Построение доверительных интервалов для коэффициентов регрессии. Построение доверительных интервалов для прогноза отклика.

Задание 8.4 (теоретическое)

Постановка задачи классификации и кластеризации.

Задание 8.5 (практическое)

Определить оценки параметров линейной регрессии ($y = b_0 + b_1 x_1$), характеризующей зависимость стоимости регулятора от его быстродействия (размер выборки $N=5$). Построить стандартизированное уравнение регрессии.

Стоимость x (тыс. руб.)	72	75	79	81	83
Быстродействие y (сек.)	18	20	21	24	25

Пример выполнения задания 8.5

Вспользуемся формулами для расчета оценок коэффициентов регрессии:

$$\hat{b}_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j - \hat{b}_1 \sum_{j=1}^N x_j = \bar{y} - \hat{b}_1 \bar{x}$$

$$\hat{b}_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_j y_j - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j \sum_{j=1}^N x_j}{\sum_{j=1}^N x_j^2 - \frac{1}{N} (\sum_{j=1}^N x_j)^2}$$

$$\bar{y} = 21,6$$

$$\bar{x} = 78$$

$$\hat{b}_1 = \frac{(72 * 18 + 75 * 20 + 79 * 21 + 81 * 24 + 83 * 25) - \frac{1}{5}(108 * 390)}{(5184 + 5625 + 6241 + 6561 + 6889) - \frac{1}{5}(390)^2} = \frac{8474 - 8424}{30500 - 30420} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$\hat{b}_0 = \bar{y} - \hat{b}_1 \bar{x} = 21,6 - 0,625 * 78 = -27,15$$

Как известно, в стандартизированном уравнении регрессии отсутствует свободный член, аналогичный коэффициенту b_0 . Между коэффициентами стандартизированного уравнения $\hat{\beta}_i$ и коэффициентами b_i существует связь, выражаемая отношением:

$$\hat{b}_i = \hat{\beta}_i \frac{S_y}{S_{ii}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2}{N-1}} \quad \text{и} \quad S_{ii} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j^{(i)} - \bar{x}^{(i)})^2}{N-1}}$$

Определим $S_y = \sqrt{\frac{33,2}{4}} = 2,88$ и $S_{11} = \sqrt{\frac{80}{4}} = 4,47$

$$\hat{\beta}_1 = 0,625 * \frac{4,47}{2,88} = 0,97$$

Ответ: Стандартизированное уравнение имеет вид: $\hat{y}^* = 0,97x^*$

Задание № 9 экзаменационного билета (11 баллов)

Тема 1 Классификация и кластеризация и обработка текстовых данных

Задание 9.1 (теоретическое)

Метод деревьев решений. Принцип обучения дерева и его работы.

Задание 9.2 (теоретическое)

Метод деревьев решений. Принцип обучения дерева и его работы.

Задание 9.3 (теоретическое)

Процесс обработки текстовых документов при использовании модели "мешок слов". Шаги, особенности, недостатки.

Задание 9.4 (теоретическое)

Представление слов с помощью "word embedding". Способы получения эмбедингов слов и текстов.

Задание 9.5 (практическое)

Дана матрица ошибок. Посчитать по ней **macro average precision, weighted average precision**. Ответ округлить до 2 знаков после запятой.

	Истинные метки		
Предсказанные метки	56	8	2
	5	34	3
	9	3	20

Пример выполнения задания 9.5

Рассчитаем precision для каждого класса по-отдельности:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$pr1 = 56 / (56 + 8 + 2) = 56 / 66 = 0,85$$

$$pr2 = 34 / (34 + 5 + 3) = 34 / 42 = 0,81$$

$$pr3 = 20 / (20 + 9 + 3) = 20 / 32 = 0,63$$

$$\text{macro average precision} = (pr1 + pr2 + pr3) / 3 = 0,76$$

Для **weighted average precision** дополнительно рассчитаем доли каждого класса в общей выборке. Размеры каждого класса:

$$c1 = 56 + 5 + 9 = 70$$

$$c2 = 8 + 34 + 3 = 45$$

$$c3 = 2 + 3 + 20 = 25$$

Общий размер выборки:

$$N = 70 + 45 + 25 = 140$$

Доли каждого класса:

$$p1 = c1 / N = 70 / 140 = 0,50$$

$$p2 = 45 / 140 = 0,32$$

$$p3 = 25 / 140 = 0,18$$

weighted average precision будет рассчитываться как сумма precision, взвешенная на долю каждого класса. Таким образом:

$$\text{weighted average precision} = 0,85 * 0,50 + 0,81 * 0,32 + 0,63 * 0,18 = 0,79$$

Ответ:

$$\text{macro average precision} = 0,76;$$

$$\text{weighted average precision} = 0,79.$$