

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра промышленной электроники
и информационно-измерительной техники

С. А. Сильвашко

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, РАДИОТЕХНИКЕ И СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств и 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Оренбург
2020

УДК 004.9(076.5)
ББК 32.972.13я7
С 36

Рецензент – доцент, кандидат технических наук А. В. Хлуденев

- С 36 **Сильвашко, С. А.**
Информационные технологии в электронике, радиотехнике и системах связи : методические указания / С. А. Сильвашко ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2020. – 39 с.

В методических указаниях изложены задания и методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Информационные технологии в электронике, радиотехнике и системах связи».

Методические указания предназначены для обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств и 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

УДК 004.9(076.5)
ББК 32.972.13я7

© Сильвашко С. А., 2020
© ОГУ, 2020

Содержание

Введение	4
1 Задания на лабораторные работы	5
1.1 Лабораторная работа № 1. Решение алгебраических и дифференциальных уравнений и систем уравнений в математической системе Mathcad.....	5
1.2 Лабораторная работа № 2. Исследование возможностей математической системы Mathcad по решению прикладных задач электроники	9
1.3 Лабораторная работа № 3. Моделирование физических процессов в электрических цепях с помощью Multisim	13
1.4 Лабораторная работа № 4. Исследование возможностей табличного процессора MS Excel по решению прикладных задач электроники.....	20
1.5 Лабораторная работа № 5. Моделирование электронных устройств в среде Xcos	22
1.6 Лабораторная работа № 6. Программные средства для выполнения чертежей схем электрических цепей	28
2 Литература, рекомендуемая для изучения при подготовке к занятиям.....	30
Список использованных источников	31
Приложение А Варианты исходных данных.....	32

Введение

Информационные технологии занимают важное место при проектировании и производстве новых изделий в электронной промышленности. Моделирование электронных устройств и систем с целью оптимизации их параметров, обработка экспериментальных данных и представление результатов в требуемом формате, подготовка конструкторской документации – вот далеко не полный перечень задач, которые решают специалисты в области электроники с помощью средств и методов информационных технологий.

В методических указаниях изложены задания и методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Информационные технологии в электронике, радиотехнике и системах связи». Лабораторные работы направлены на формирование у обучающихся навыков использования средств информационных технологий при решении профессиональных задач.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств и 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

1 Задания на лабораторные работы

1.1 Лабораторная работа № 1. Решение алгебраических и дифференциальных уравнений и систем уравнений в математической системе Mathcad

Целью лабораторной работы является овладение навыками использования специализированного программного обеспечения при решении задач в области электроники.

Аудиторное время, отводимое на занятие – 4 академических часа.

1.1.1 Задание для подготовки к лабораторной работе

1.1.1.1 Изучить материал учебного пособия [2.6, С. 50 – 67] по теме лабораторной работы.

1.1.2 Задание на лабораторную работу

1.1.2.1 Приобрести навыки использования встроенных функций математической системы Mathcad при решении алгебраических и дифференциальных уравнений и систем уравнений.

1.1.3 Порядок выполнения лабораторной работы

1.1.3.1 Решить систему линейных алгебраических уравнений (варианты заданий сведены в таблице А.1) двумя способами – с помощью вычислительного блока **given – find** и матричным способом. Сравнить полученные результаты. Сформулировать выводы.

1.1.3.2 Построить график функции (таблица А.2) и приближенно с помощью трассировки найти решение нелинейного уравнения $f(x) = 0$.

Решить нелинейное уравнение с точностью до четвертого знака после запятой одним из известных способов.

Сравнить полученные результаты. Сформулировать выводы.

1.1.3.3 Решить систему нелинейных уравнений (варианты заданий – в таблице 1) графически и с помощью встроенной функции. Сравнить полученные результаты. Сформулировать выводы.

Таблица 1 – Варианты индивидуальных заданий

Номера вариантов	Система нелинейных уравнений	Номера вариантов	Система нелинейных уравнений
1	$\begin{cases} \sin x + 2y = 2, \\ \cos(y - 1) + x = 0,7. \end{cases}$	11	$\begin{cases} \sin y + x = -0,4, \\ 2y - \cos(x + 1) = 0. \end{cases}$
2	$\begin{cases} \sin(x + 0,5) - y = 1, \\ \cos(y - 2) + x = 0. \end{cases}$	12	$\begin{cases} \sin(x + 2) - y = 1,5, \\ \cos(y - 2) + x = 0,5. \end{cases}$
3	$\begin{cases} \cos x + y = 1,5, \\ 2x - \sin(y - 0,5) = 1. \end{cases}$	13	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) - y = 2, \\ \sin y - 2x = 1. \end{cases}$
4	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) + y = 0,8, \\ \sin y - 2x = 1,6. \end{cases}$	14	$\begin{cases} \cos(x - 2) + y = 0, \\ \sin(y + 0,5) - x = 1. \end{cases}$
5	$\begin{cases} \sin(x - 1) = 1,3 - y, \\ x - \sin(y + 1) = 0,8. \end{cases}$	15	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) + y = 1, \\ \sin(y + 0,5) - x = 1. \end{cases}$
6	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) + y = 1, \\ \sin y - 2x = 2. \end{cases}$	16	$\begin{cases} \sin(x) - 2y = 1, \\ \cos(y + 3,5) - x = 2. \end{cases}$
7	$\begin{cases} -\sin(x + 1) + y = 0,8, \\ \sin(y - 1) + x = 1,3. \end{cases}$	17	$\begin{cases} 2y - \sin(x - 0,5) = 1, \\ \cos(y) + x = 1,5. \end{cases}$
8	$\begin{cases} \sin(x) - 2y = 1, \\ \sin(y - 1) + x = 1,3. \end{cases}$	18	$\begin{cases} \sin(x + 0,5) + y = 0,5, \\ \sin(y) - 2x = 3. \end{cases}$
9	$\begin{cases} \sin(x + 0,5) + y = 0,5, \\ x^2 - y = 1. \end{cases}$	19	$\begin{cases} \operatorname{arctg}(2x - 2) - y = 0,6, \\ x^2 - y = 2. \end{cases}$
10	$\begin{cases} \operatorname{arctg}(3x - 1) - y = -0,5, \\ (2x)^2 - y = 1. \end{cases}$	20	$\begin{cases} y - x^3 = 0,5, \\ 2x^2 + y = 2. \end{cases}$

1.1.3.4 Найти решение дифференциального уравнения первого порядка вида

$\frac{dy}{dx} = f(x, y)$ на интервале $[x_0, x_k]$ при начальном условии $y(x_0) = y_0$ (таблица 2). Построить график функции $y(x)$, проверить значения функции в контрольных точках.

Таблица 2 – Варианты индивидуальных заданий

Номера вариантов	$f(x, y)$	Начальное условие y_0	Интервал $[x_0, x_k]$	Значения y
1	$\frac{(x^2 + y^2)^2}{2x^2y} - \frac{x}{y}$	1	[1; 1,9]	$y(1,5) = 1,9365$, $y(1,9) = 5,8643$
2	$\frac{x^2 - y^2}{xy}$	1	[1; 3]	$y(2) = 1,4577$, $y(3) = 2,1343$
3	$\frac{y^2}{2xy + 3}$	-1	[1; 3]	$y(2) = -0,5$, $y(3) = -0,333$
4	$y(1 - y \cos x)$	1	[0; 2]	$y(1) = 1,1451$, $y(2) = 3,1822$
5	$\frac{\sqrt{x^2 + y^2} - x}{y}$	1	[0; 2]	$y(1) = 1,7321$, $y(2) = 2,2361$
6	$x + \frac{y}{x}$	0	[1; 3]	$y(2) = 2$, $y(3) = 6$
7	$\frac{1 - xy}{1 - x^2}$	1	[0; 0,9]	$y(0,5) = 1,366$, $y(0,9) = 1,3359$
8	$\frac{2y}{x(x^2y - 2)}$	1	[1; 3]	$y(2) = 0,25$, $y(3) = 0,111$
9	$1 + \frac{y(2x - 1)}{x^2}$	2	[1; 3]	$y(2) = 6,4261$, $y(3) = 13,621$
10	$\cos x (\sin x - y)$	-1	[0; 2]	$y(1) = -0,1585$, $y(2) = -0,0907$
11	$\frac{x + y^2}{2xy}$	1	[1; 3]	$y(2) = 1,8402$, $y(3) = 2,5091$
12	$\frac{y(1 + xy)}{x}$	1	[1; 1,7]	$y(1,4) = 2,69$, $y(1,7) = 30,91$
13	$\frac{y^2 + 1}{x^2 + 1}$	1	[0; 0,9]	$y(0,5) = 3$, $y(0,9) = 19$
14	$\frac{y - 2}{x(1 + 2x)}$	1	[1; 3]	$y(2) = 0,8$, $y(3) = 0,7143$
15	$\frac{y^2 - 2xy - x^2}{y^2 + 2xy - x^2}$	-1	[1; 3]	$y(2) = -2$, $y(3) = -3$
16	$\frac{y(xy \ln x - 1)}{x}$	1	[1; 3]	$y(2) = 0,6581$, $y(3) = 0,8406$

Продолжение таблицы 2

Номера вариантов	$f(x, y)$	Начальное условие y_0	Интервал $[x_0, x_k]$	Значения y
17	$\frac{2y}{6x - y^2}$	2	[2; 4]	$y(3) = 2,4495,$ $y(4) = 2,8284$
18	$1 + \frac{y}{x(x+1)}$	0	[1; 3]	$y(2) = 1,1287,$ $y(3) = 2,3239$
19	$x^5 + x^2 + 3x^2y$	1	[0; 1]	$y(0,5) = 1,1802,$ $y(1) = 3,5305$
20	$4x - 2y$	0	[0; 2]	$y(1) = 1,1353,$ $y(2) = 3,0183$

1.1.3.5 Найти частное решение системы дифференциальных уравнений, удовлетворяющее начальным условиям:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 1 - \frac{2x}{t}, & x|_{t=1} = \frac{1}{3}, \\ \frac{dy}{dt} = x + y - 1 + \frac{2x}{t}, & y|_{t=1} = -\frac{1}{3}. \end{cases}$$

1.1.3.6 Подготовить отчет и представить руководителю занятия.

Отчет должен содержать: содержание заданий; результаты выполнения заданий; анализ полученных результатов и сформулированные выводы.

1.1.4 Вопросы для самоконтроля

1.1.4.1 Как определить координаты точки на графике?

1.1.4.2 Какие имеются средства в системе Mathcad для решения уравнений и систем уравнений?

1.1.4.3 Какие средства системы Mathcad можно использовать при решении алгебраического уравнения с одним неизвестным?

1.1.4.4 Назовите способы нахождения начального приближения для переменной при использовании функции *root*.

1.1.4.5 Какие аргументы функции *root* не обязательны?

1.1.4.6 Какая системная переменная отвечает за точность вычислений при использовании численных методов?

1.1.4.7 В каких случаях Mathcad не может найти корень уравнения?

1.1.4.8 В каких случаях возможно использование функции *polyroots*?

1.1.4.9 Назовите средства Mathcad для решения систем алгебраических уравнений. В чем состоят особенности их применения?

1.1.4.10 Опишите структуру блока решения уравнений.

1.1.4.11 Какой знак равенства используется в блоке решения?

1.2 Лабораторная работа № 2. Исследование возможностей математической системы Mathcad по решению прикладных задач электроники

Цель лабораторной работы – овладение навыками решения прикладных задач электроники с помощью математической системы Mathcad.

Аудиторное время, отводимое на занятие – 6 академических часов.

1.2.1 Задание для подготовки к лабораторной работе

1.2.1.1 Изучить материал учебного пособия [2.6, С. 77 – 120] по теме лабораторной работы.

1.2.1.2 Составить математическую модель сигнала (представлен временной диаграммой, таблица А.4) во временной области.

1.2.2 Задание на лабораторную работу

1.2.2.1 Овладеть навыками использования функциональных возможностей математической системы Mathcad при решении прикладных задач электроники.

1.2.3 Порядок выполнения лабораторной работы

1.2.3.1 Напряжение на входе электрической цепи изменяется по гармоническому закону:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \text{ или } u(t) = U_m \cos(\omega t + \psi_u),$$

где U_m – амплитуда, В;

$\omega = 2\pi f$ – угловая частота, рад/с;

$f = \frac{1}{T}$ – циклическая частота, Гц;

T – период колебания, с;

ψ_u – начальная фаза, рад.

Параметры и вид сигнала заданы в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры гармонического колебания

Номера вариантов	f , Гц	U_m , В	ψ_u , град	Вид	Номера вариантов	f , Гц	U_m , В	ψ_u , град	Вид
1	50	5	0	sin	11	25	11	110	sin
2	100	8	45	cos	12	45	16	95	cos
3	10	12	30	sin	13	85	7	100	sin
4	20	10	90	cos	14	65	9	55	cos
5	40	15	60	sin	15	30	13	50	sin
6	75	4	110	sin	16	70	8	75	sin
7	35	18	95	cos	17	90	12	65	cos
8	60	17	35	sin	18	55	10	40	sin
9	120	6	80	cos	19	95	15	85	cos
10	80	14	40	sin	20	15	14	120	sin

Среднеквадратическое U и средневывпрямленное U_{cp} значения напряжения вычисляют с помощью выражений:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt},$$

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt.$$

Используя систему Mathcad, вычислить **период, угловую частоту, среднеквадратическое и средневывпрямленное** значения напряжения.

Построить в одной системе координат диаграммы напряжений $u(t)$, U и U_{cp} на временном интервале $t \in [0, 2T]$. По временной диаграмме напряжения определить его амплитудное значение, сравнить с заданным.

1.2.3.2 Закон изменения напряжения на выходе источника задан графически (таблица А.4), а его основные параметры приведены в таблице А.3. Составить программу в системе Mathcad для вычисления мгновенных значений напряжения на интервале времени существования сигнала. Вывести временную диаграмму сигнала.

1.2.3.3 Переходный процесс в электрической цепи, содержащей резистивный и индуктивный элементы, при подключении к ее входу в момент времени $t = 0$ источника ЭДС (рисунок 1), можно описать дифференциальным уравнением:

$$L \frac{di}{dt} + Ri = e.$$

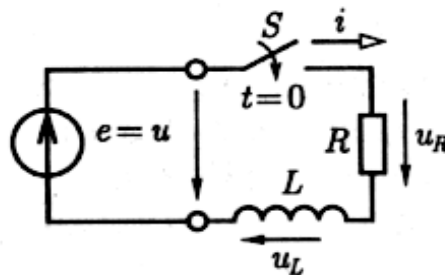


Рисунок 1 – Схема электрической цепи

Найти закон изменения тока в индуктивном элементе $i_L(t)$ и напряжения на индуктивном элементе $u_L(t)$ во время переходного процесса. Построить временные диаграммы тока $i_L(t)$ и напряжения $u_L(t)$ на интервале $t \in [0, \frac{8L}{R}]$ для двух случаев:

- источник ЭДС – источник постоянного напряжения $e = 5 \text{ В}$;
- источник ЭДС – источник переменного напряжения вида $e = 5 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{12}\right) \text{ В}$.

Параметры элементов цепи: $R = 10 \text{ Ом}$, $L = 1,5 \text{ мГн}$. Циклическая частота напряжения: $f = 15000 \text{ Гц}$.

1.2.3.4 Из сигнала, временная диаграмма которого построена при выполнении п. п. 1.2.3.2, получить 2048 выборок дискретных значений напряжения.

Используя встроенную функцию быстрого преобразования Фурье (БПФ), вычислить спектральную плотность сигнала. Построить графически диаграмму спектраль-

ной плотности. По оси частот на графике отложить частоты гармоник, учитывая, что частота первой гармонической составляющей определяется из выражения

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T},$$

где T – период сигнала (или длительность непериодического сигнала), а частоты остальных гармонических составляющих вычисляют как $k\omega_1$, где $k = 2, 3, 4, \dots$

1.2.3.5 Составить циклическую программу для вывода первых $n_{ит} + 50$ гармонических составляющих дискретного спектра, вычисленного при выполнении п. п. 1.2.3.4, где $n_{ит}$ – порядковый номер обучающегося в списке учебной группы.

Используя вновь полученный ограниченный спектр сигнала, восстановить сигнал во временной области с помощью встроенной функции обратного БПФ. Построить временные диаграммы исходного и восстановленного сигналов в одной системе координат. Проанализировать полученный результат.

Повторить выполненные действия, увеличив число гармоник в ограниченном спектре сигнала вдвое. Проанализировать полученный результат. Сформулировать выводы.

1.2.3.6 Построить временную диаграмму периодического сигнала $u(t)$ (на временном интервале трех периодов), взяв за основу в качестве одиночного импульса сигнал, использованный в п. п. 1.2.3.2. Период повторения импульсов принять равным $T = 4\tau_u$, где τ_u – длительность импульса.

1.2.3.7 Сформировать на интервале существования периодического сигнала $u(t)$ 1024 дискретных выборки.

Сформировать 1024 значения сигнала шума $n(t)$, распределенного по нормальному закону с математическим ожиданием $m = 0$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma = 0,5U$.

Получить аддитивную смесь периодического сигнала и шума, используя выражение

$$u1(t) = u(t) + n(t).$$

Построить временную диаграмму «зашумленного» сигнала. Сформулировать выводы.

Примечания

1 На оценку «удовлетворительно» выполнить пункты 1.2.3.1 – 1.2.3.2.

2 На оценку «хорошо» выполнить пункты 1.2.3.1 – 1.2.3.5.

3 На оценку «отлично» выполнить пункты 1.2.3.1 – 1.2.3.7.

1.2.3.8 Подготовить отчет и представить руководителю занятия.

Отчет должен содержать: содержание заданий; результаты выполнения заданий; анализ полученных результатов; выводы о возможности использования математической системы Mathcad при решении прикладных задач электроники.

1.2.4 Вопросы для самоконтроля

1.2.4.1 Какие функции предусмотрены в системе Mathcad для решения дифференциальных уравнений?

1.2.4.2 Как составить программу для реализации циклического вычислительного процесса?

1.2.4.3 Как получить дискретные выборки непрерывной функции времени?

1.2.4.4 Как в системе Mathcad вычислить дискретный спектр сигнала?

1.2.4.5 Как в системе Mathcad восстановить сигнал во временной области по его известному спектру?

1.2.4.6 Как в системе Mathcad сформировать шумовой сигнал с нормальным законом распределения значений?

1.3 Лабораторная работа № 3. Моделирование физических процессов в электрических цепях с помощью Multisim

Целью лабораторной работы является овладение навыками практического применения системы схемотехнического моделирования Multisim для исследования электрических цепей.

Аудиторное время, отводимое на занятие – 6 академических часов.

1.3.1 Задание для подготовки к лабораторной работе

1.3.1.1 Изучить материал учебного пособия [2.6, С. 124 – 160] по теме лабораторной работы.

1.3.1.2 Ознакомиться с интерфейсом системы схемотехнического моделирования Multisim, а также с содержимым библиотек компонентов и измерительных приборов системы.

1.3.2 Задание на лабораторную работу

1.3.2.1 Ознакомиться с функциональными возможностями системы схемотехнического моделирования Multisim, а также овладеть навыками применения системы при решении задач в области электроники.

1.3.3 Порядок выполнения лабораторной работы

1.3.3.1 Подготовить программу к работе:

- выбрать размер листа схемы – А4, единицу измерения – миллиметры;
- вывести сетку на листе схемы;
- установить цвет всех элементов и проводников схемы, а также надписей возле элементов – черный, цвет поля – белый;
- применить стандарт изображения компонентов – DIN.

1.3.3.2 Собрать схему электрической цепи, представленную на рисунке 2. Задать цвет отображения временной диаграммы по каналу А осциллографа – красный, по каналу В – синий. Установить частоту, среднеквадратическое значение напряжения источников V1 и V2, а также начальную фазу напряжения источника V2 – в соответствии с таблицей 4. Установить начальную фазу напряжения источника V1 равной 0 градусов.

Включить моделирование. С помощью осциллографа измерить амплитуды напряжений, разность фаз двух напряжений, период гармонического колебания.

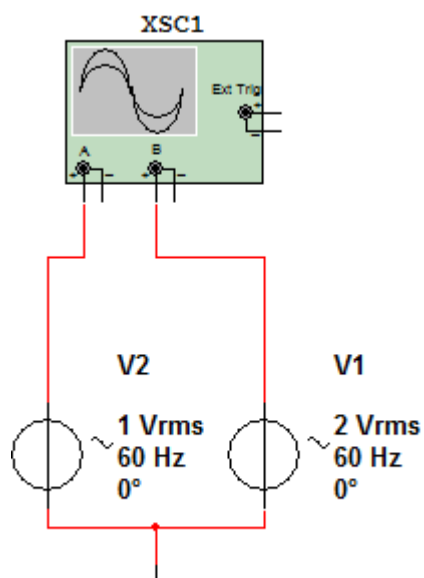


Рисунок 2 – Схема измерений

Таблица 4 – Варианты исходных данных

Номера вариантов	f , Гц	U_m , В	ψ_u , град	Номера вариантов	f , Гц	U_m , В	ψ_u , град
1	50	5	10	11	25	11	110
2	100	8	45	12	45	16	95
3	10	12	30	13	85	7	100
4	20	10	90	14	65	9	55
5	40	15	60	15	30	13	50
6	75	4	110	16	70	8	75
7	35	18	95	17	90	12	65
8	60	17	35	18	55	10	40
9	120	6	80	19	95	15	85
10	80	14	40	20	15	14	120

Примечание – Фазовый сдвиг *в градусах* определять с помощью выражения:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t \cdot 360^\circ}{T},$$

где Δt – временной сдвиг одного колебания относительно другого;

T – период колебания.

В отчет перенести схему измерений, изображение экрана осциллографа и результаты измерений.

1.3.3.3 Собрать схему, изображенную на рисунке 3. Установить следующие параметры элементов схемы: $E_1 = 4$ В, $E_2 = 10$ В, $E_3 = 6$ В, $J_1 = 0,8$ А, $R_1 = 200$ Ом, $R_2 = 1,2$ кОм, $R_3 = 800$ Ом, $R_4 = 600$ Ом.

В каждую ветвь схемы включить амперметр. Направления амперметров согласовать с выбранными направлениями токов в ветвях.

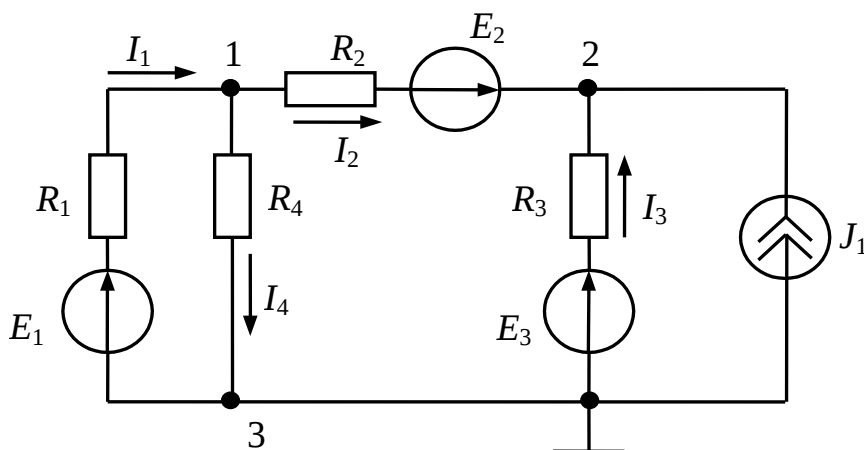


Рисунок 3 – Схема электрической цепи

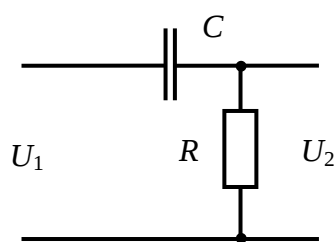
Включить моделирование. Перенести в отчет изображение схемы с показаниями амперметров.

Проанализировать полученные результаты. Сформулировать выводы.

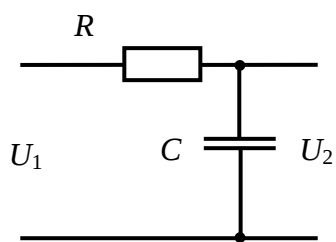
1.3.3.4 Собрать схему электрической цепи для исследования амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик четырехполюсника. Варианты схем четырехполюсников приведены на рисунке 4, параметры элементов схем приведены в таблице 5.

Снять АЧХ и ФЧХ схемы. Вид экрана прибора **Bode Plotter** перенести в отчет.

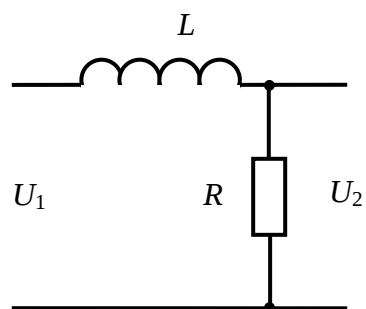
Определить значение коэффициента передачи четырехполюсника по напряжению и фазовый сдвиг выходного напряжения относительно входного на частоте 1 кГц. Результат занести в отчет.



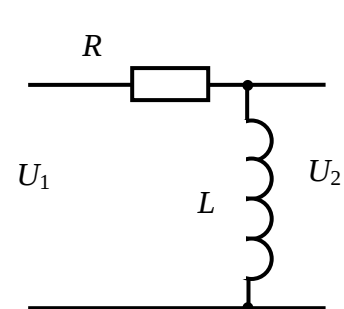
a



б



в



г

Рисунок 4 – Схемы электрических цепей

Таблица 5 – Варианты исходных данных

Номера вариантов	R , Ом	C , мкФ	L , мГн	Схема (рисунок)
1	80	-	100	8, <i>в</i>
2	85	9	-	8, <i>a</i>
3	90	-	95	8, <i>г</i>
4	95	7	-	8, <i>б</i>
5	100	-	85	8, <i>в</i>
6	105	5	-	8, <i>a</i>
7	110	-	75	8, <i>г</i>
8	115	3	-	8, <i>б</i>
9	120	-	65	8, <i>в</i>
10	125	1	-	8, <i>a</i>
11	130	-	55	8, <i>г</i>
12	80	2	-	8, <i>б</i>
13	85	-	40	8, <i>в</i>
14	90	4	-	8, <i>a</i>
15	95	-	30	8, <i>г</i>
16	100	8	-	8, <i>б</i>
17	105	-	20	8, <i>в</i>
18	110	8	-	8, <i>a</i>
19	115	-	10	8, <i>г</i>
20	120	10	-	8, <i>б</i>

Подключить к схеме, собранной для проведения исследований, **осциллограф** (вход А – к входу четырехполюсника, вход В – к выходу четырехполюсника). Подать на вход четырехполюсника с выхода **функционального генератора** гармоническое колебание с частотой 1 кГц, амплитудой 5 В. Получить на экране осциллографа временные диаграммы напряжений на входе и выходе четырехполюсника. Измерить амплитуды напряжений и временной сдвиг между ними.

Используя результаты измерений, вычислить коэффициент передачи четырехполюсника по напряжению и фазовый сдвиг выходного напряжения относительно входного. Сравнить результаты вычислений с результатами, полученными с помощью прибора **Bode Plotter**. Сформулировать выводы.

Вид экрана осциллографа занести в отчет.

1.3.3.5 Собрать схему усилительного каскада, приведенную на рисунке 5.

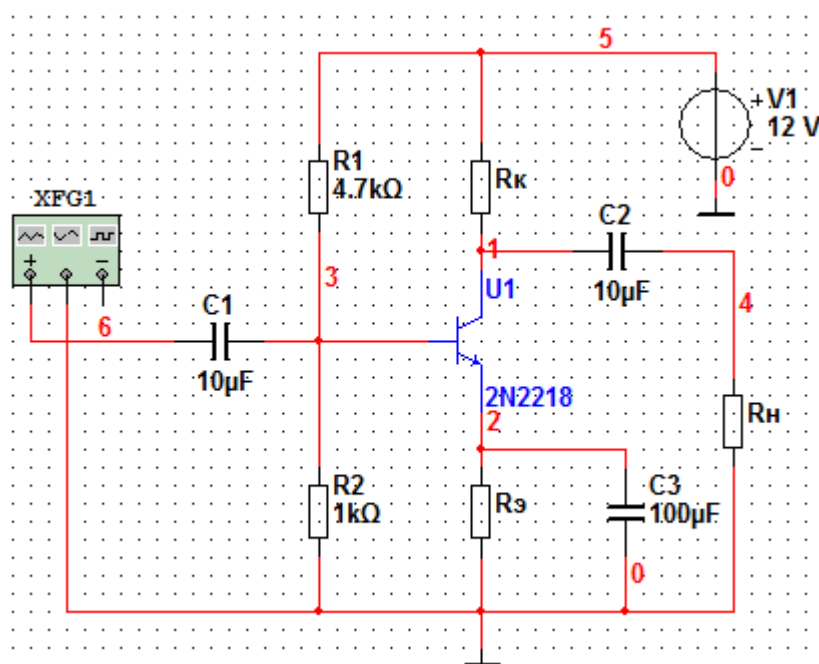


Рисунок 5 – Схема усилительного каскада

Установить номиналы резисторов R_K , R_H и тип транзистора V1 в соответствии с вариантом индивидуальных заданий (таблица 6), а сопротивление резистора R_3 – исходя из условия $R_3 = (0,2 \div 0,3)R_K$. Установить частоту синусоидального напряжения на выходе функционального генератора равной 1 кГц, а амплитуду – равной 1 мВ.

Таблица 6 – Варианты исходных данных

Номера вариантов	R_K , кОм	R_H , кОм	Тип транзистора	Номера вариантов	R_K , кОм	R_H , кОм	Тип транзистора
1	0,62	15	2N2218	11	1,6	10	2N2218
2	0,68	12	2N2222	12	1,8	20	2N2222
3	0,75	10	2N2712	13	2,0	22	2N2712
4	0,82	20	2N2904	14	2,2	24	2N2904
5	0,91	22	2N3904	15	2,4	27	2N3904
6	1	24	2N4014	16	0,91	24	2N4014
7	1,1	27	2N4400	17	0,82	27	2N4400
8	1,2	30	2N4401	18	0,75	30	2N4401
9	1,3	15	2N4409	19	0,68	15	2N4409
10	1,5	12	2N4424	20	0,62	12	2N4424

Подключить к схеме осциллограф. Перенести в отчет схему измерений и изображение экрана осциллографа с временными диаграммами напряжений на входе и выходе усилительного каскада.

Увеличить амплитуду напряжения на выходе генератора до 150 мВ и повторно провести моделирование. Изображение экрана осциллографа скопировать в отчет.

Сравнить полученные результаты. Сформулировать выводы.

Примечания

1 На оценку «удовлетворительно» выполнить пункты 1.3.3.1 – 1.3.3.3.

2 На оценку «хорошо» выполнить пункты 1.3.3.1 – 1.3.3.4.

3 На оценку «отлично» выполнить пункты 1.3.3.1 – 1.3.3.5.

1.3.3.6 Подготовить отчет и представить руководителю занятия.

Отчет должен содержать: исходные данные для проведения исследований; результаты выполнения заданий; выводы о возможности использования системы схемотехнического моделирования Multisim при исследовании процессов в электрических цепях и характеристик электронных устройств.

1.3.4 Вопросы для самоконтроля

1.3.4.1 Как собрать схему на рабочем листе Multisim?

1.3.4.2 Как изменить параметры элементов, включенных в схему?

1.3.4.3 Как изменить цвет проводника в схеме?

1.3.4.4 Как подготовить осциллограф к проведению измерений?

1.3.4.5 Как выполнить расчет частотных характеристик схемы?

1.3.4.6 Какие параметры гармонического колебания можно измерить с помощью осциллографа?

1.3.4.7 Как правильно настроить окно прибора *Bode Plotter* ?

1.4 Лабораторная работа № 4. Исследование возможностей табличного процессора MS Excel по решению прикладных задач электроники

Целью лабораторной работы является овладение навыками использования табличного процессора MS Excel для решения прикладных задач в области электроники.

Аудиторное время, отводимое на занятие – 6 академических часов.

1.4.1 Задание для подготовки к лабораторной работе

1.4.1.1 Изучить материал учебного пособия [2.5, С. 92 – 102] по теме лабораторной работы.

1.4.2 Задание на лабораторную работу

1.4.2.1 Овладеть навыками использования табличного процессора MS Excel для решения системы линейных уравнений, вычисления производной и определенного интеграла функции, а также для обработки экспериментальных данных.

1.4.3 Порядок выполнения лабораторной работы

1.4.3.1 В табличном процессоре MS Excel решить систему уравнений матричным способом. Варианты заданий представлены в таблице А.1.

1.4.3.2 В табличном процессоре MS Excel построить график функции $f(x)$ на заданном интервале. Найти производную функции в точке, соответствующей середине интервала. Варианты заданий представлены в таблице А.2.

1.4.3.3 Вычислить определенный интеграл функции на заданном интервале методом прямоугольников и методом трапеций. Сравнить полученные результаты. Сформулировать выводы. Варианты заданий представлены в таблице А.2.

1.4.3.4 Выполнить предсказание значений функции, заданной таблично, для трех значений аргумента, вычисленных с учетом заданного шага его приращения с помощью функции **ТЕНДЕНЦИЯ**. Построить график функции с учетом как исходных данных, так и данных, полученных в результате предсказания.

Выполнить аппроксимацию и предсказание исходной функции для тех же значений аргумента с помощью **линии тренда**. Сравнить полученные результаты. Сформулировать выводы.

Табличные данные для выполнения задания получить у **руководителя занятия**.

1.4.3.5 Подготовить отчет и представить руководителю занятия.

Отчет должен содержать: исходные данные для выполнения заданий и результаты их выполнения в табличном процессоре MS Excel; выводы о функциональных возможностях табличного процессора MS Excel по решению прикладных задач в области электроники.

1.4.4 Вопросы для самоконтроля

1.4.4.1 Каково назначение табличных процессоров?

1.4.4.2 Как в MS Excel решить систему линейных уравнений?

1.4.4.3 Как в MS Excel построить график функции? Как оформить вид графика?

1.4.4.4 Как в MS Excel добавить на графике линию тренда?

1.4.4.5 Какие виды аппроксимации реализованы в MS Excel?

1.4.4.6 Назовите функции MS Excel, предназначенные для предсказания значений исследуемой функции на будущие периоды.

1.4.4.7 Как в MS Excel подключить **Пакет анализа**?

1.4.4.8 Как в MS Excel вычислить определенный интеграл функции?

1.4.4.9 Пояснить сущность метода прямоугольников (трапеций), используемого при вычислении определенного интеграла функции.

1.4.4.10 Как реализовать метод прямоугольников (трапеций) в табличном процессоре?

1.5 Лабораторная работа № 5. Моделирование электронных устройств в среде Xcos

Цель лабораторной работы – овладение навыками использования программных средств компьютерного моделирования при решении задач в области электроники.

Аудиторное время, отводимое на занятие – 4 академических часа.

1.5.1 Задание для подготовки к лабораторной работе

1.5.1.1 Изучить материал учебного пособия [2.5, С. 185 – 211] по теме лабораторной работы.

1.5.2 Задание на лабораторную работу

1.5.2.1 Овладеть навыками использования графической интерактивной среды Xcos при исследовании временных и частотных характеристик электронных устройств.

1.5.3 Порядок выполнения лабораторной работы

1.5.3.1 В окне графического редактора Xcos подготовить схему модели для проведения исследований (рисунок 6). Ввести передаточную функцию исследуемого звена в соответствии с заданием (таблица 7) в блок **CLR**. Установить *Конечное время интегрирования* и параметр *Refresh period* блока **CSCOPE** равными 20 секунд, параметры *Ymin* и *Ymax* блока **CSCOPE** – с учетом экстремальных значений сигнала на выходе звена, параметры блока **STEP_FUNCTION** – как показано на рисунке 7.

Выполнить моделирование. Перенести в отчет схему модели и изображение графического окна с результатами моделирования.

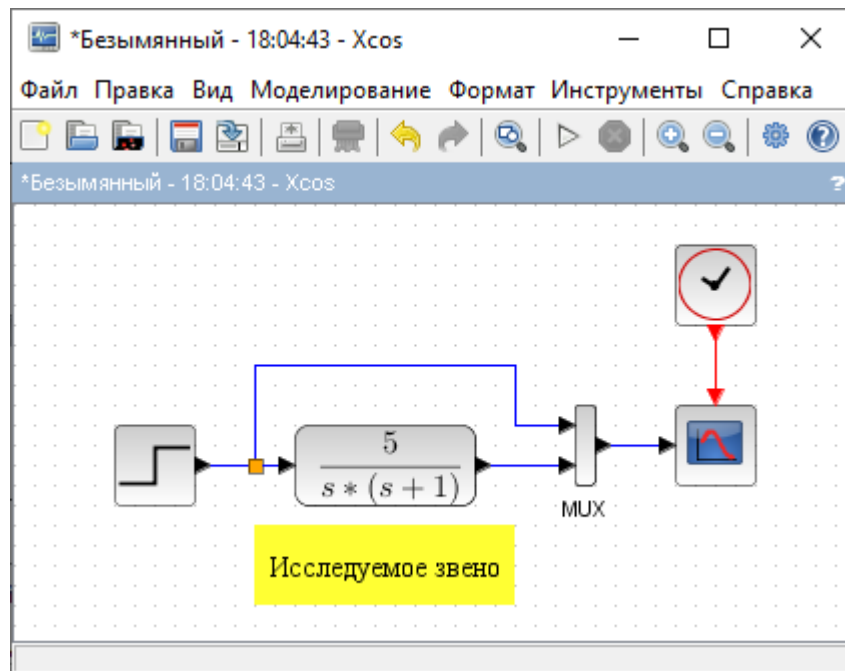


Рисунок 6 – Схема модели для исследования переходной характеристики

Таблица 7 – Варианты индивидуальных заданий

Номера вариантов	Передаточная функция звена	Номера вариантов	Передаточная функция звена
1	$\frac{8}{1,2s + 1}$	6	$\frac{10}{(0,8s + 1)(s + 1)}$
2	$\frac{10 \cdot (0,05s + 1)}{s}$	7	$\frac{13}{1,4s + 1}$
3	$\frac{6}{s(2,4s + 1)}$	8	$\frac{8 \cdot (s + 1)}{s}$
4	$\frac{5 \cdot (0,5s + 1)}{0,7s + 1}$	9	$\frac{15}{s(1,2s + 1)}$
5	$\frac{12 \cdot (1,4s + 1)}{0,8s + 1}$	10	$\frac{3 \cdot (1,2s + 1)}{0,5s + 1}$

1.5.3.2 В окне графического редактора Xcos подготовить схему модели для проведения исследований в частотной области (рисунок 8).

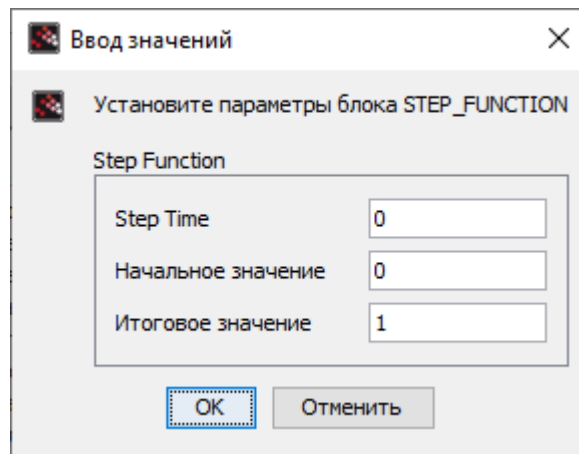


Рисунок 7 – Установка параметров блока **STEP_FUNCTION**

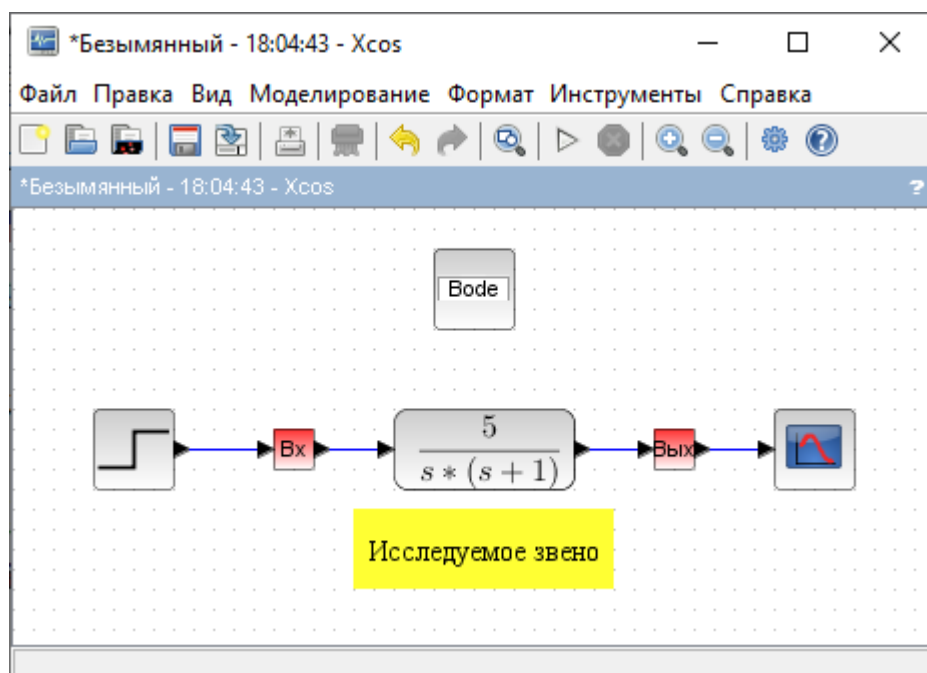


Рисунок 8 – Схема модели для исследования частотных характеристик звена

При сборке схемы (рисунок 8) использовать блоки **REP_FREQ** и **GRANDEUR_PHYSIQUE** из палитры **Analyses**, расположенной в папке **CPGE**. Параметры блоков установить, как показано на рисунке 9.

Выполнить моделирование. Перенести в отчет схему модели и изображение графического окна с результатами моделирования.

1.5.3.3 Добавить в окно графического редактора Xcos из палитры **Analyses** блок **PARAM_VAR** (рисунок 10).

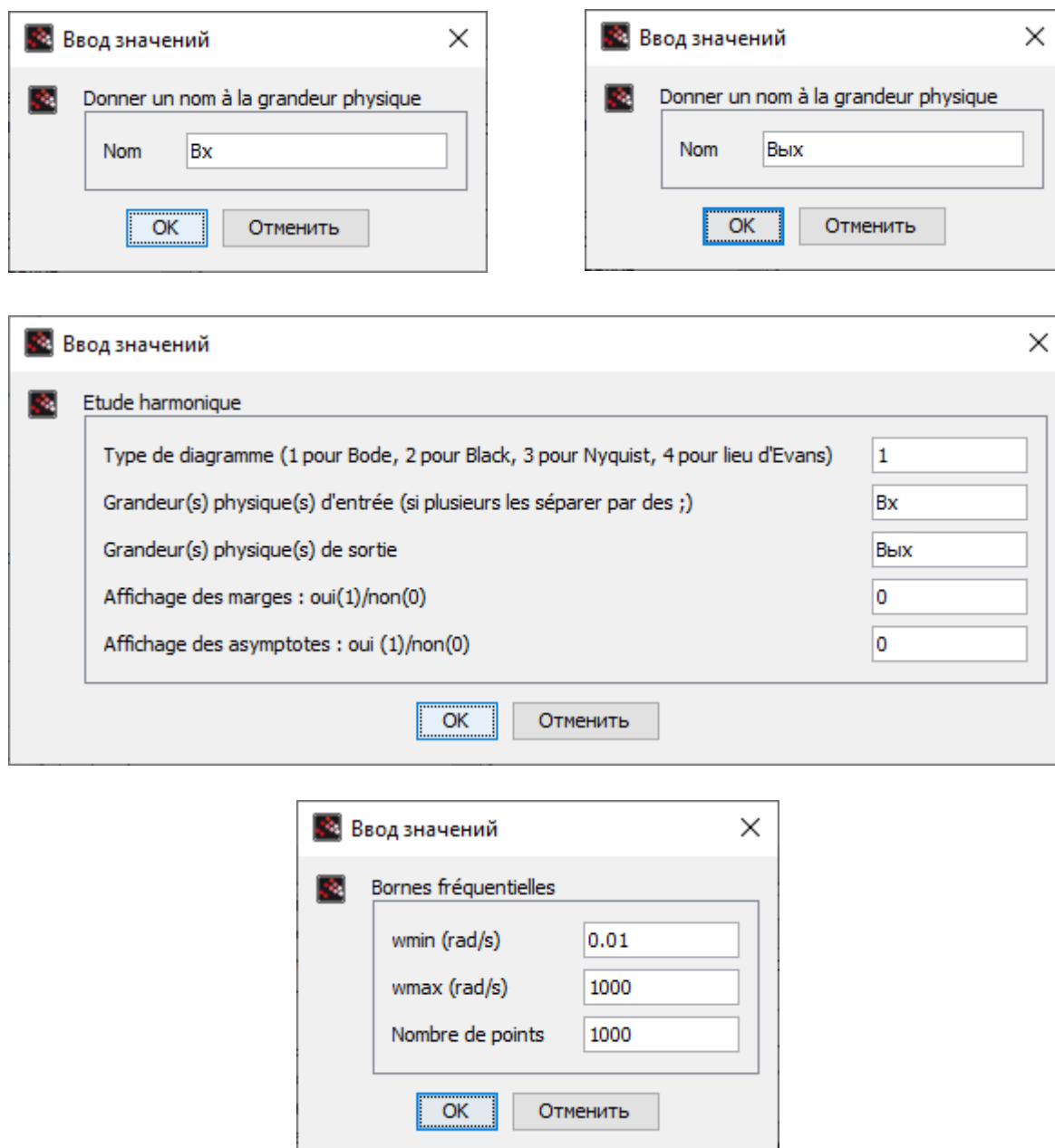


Рисунок 9

Командой меню *Моделирование* → *Установить контекст* открыть диалоговое окно «*Установить контекст*» и в область ввода ввести символьный параметр $K = 0$ (рисунок 11). В блоке **CLR** заменить числовое значение коэффициента передачи (в числителе передаточной функции) символьным параметром **K**. Открыть диалоговое окно блока **PARAM_VAR** («Ввод значений») и заполнить поля, как показано на рисунке 11.

Выполнить моделирование. Перенести в отчет схему модели и изображение графического окна с результатами моделирования.

Проанализировать полученные результаты. Сформулировать выводы

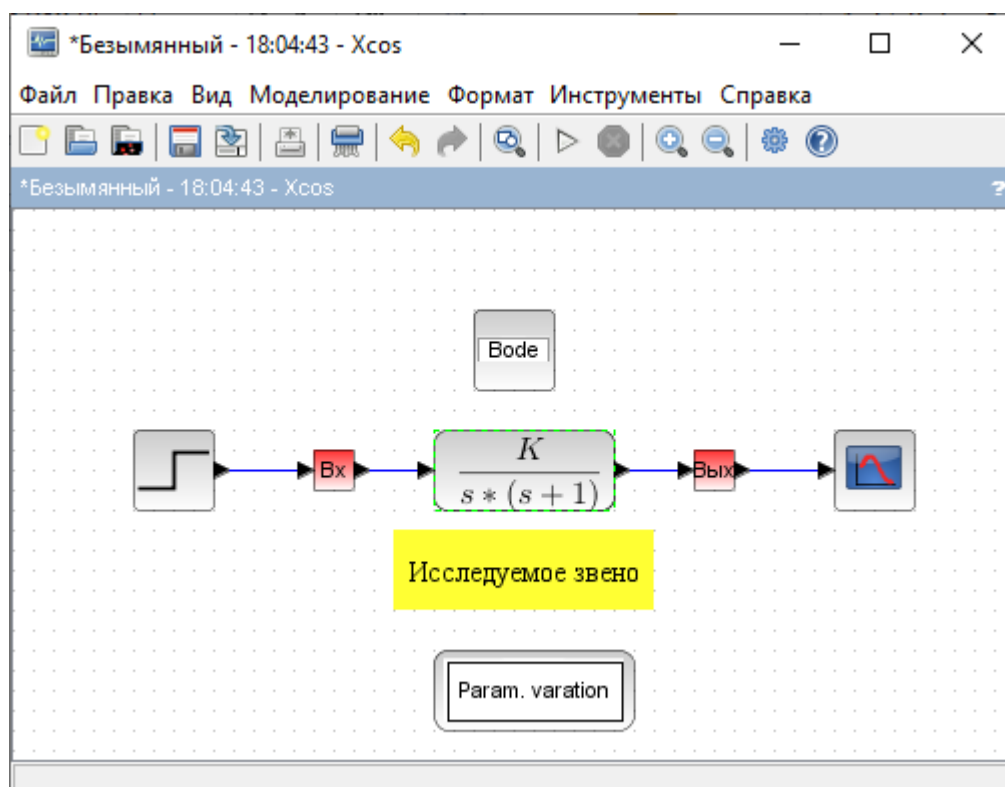


Рисунок 10

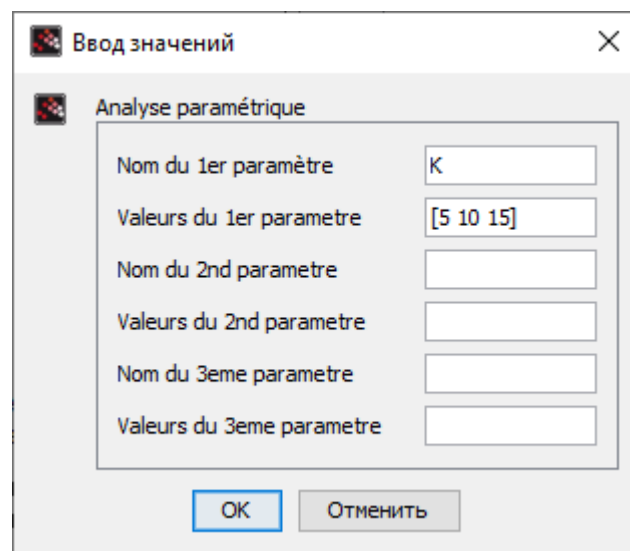
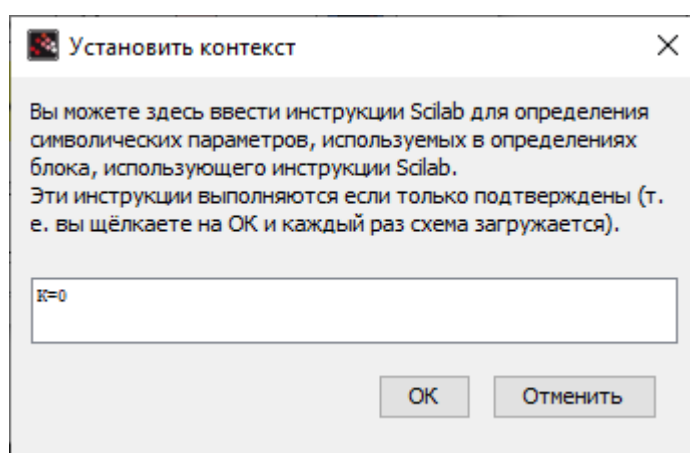


Рисунок 11

1.5.3.4 Открыть диалоговое окно «**Установить контекст**» и в область ввода ввести символьный параметр $T = 0$. Восстановить исходное числовое значение коэффициента передачи в блоке **CLR** и заменить числовое значение при одном из

операторов **s** в выражении знаменателя символьным параметром **T**. Открыть диалоговое окно «**Ввод значений**» блока **PARAM_VAR** и заполнить поля, как показано на рисунке 12.

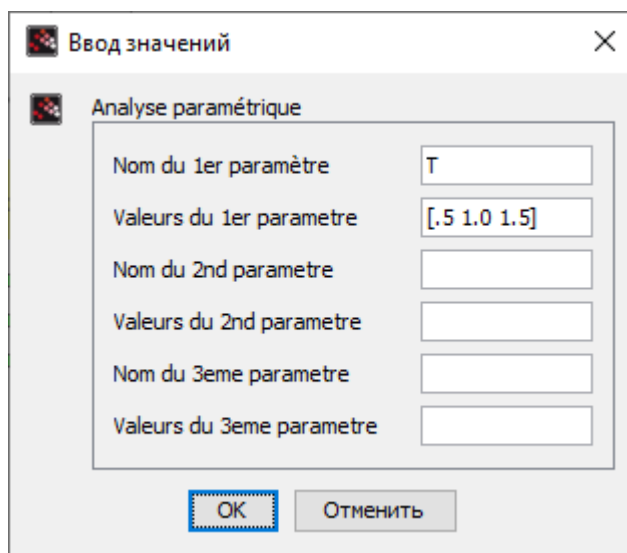


Рисунок 12 – Окно ввода значений изменяемого параметра

Выполнить моделирование. Перенести в отчет изображение графического окна с результатами моделирования.

Проанализировать полученные результаты. Сформулировать выводы о влиянии постоянной времени T на вид АЧХ и ФЧХ.

1.5.3.5 Подготовить отчет и представить руководителю занятия.

Отчет должен содержать: исходные данные для выполнения заданий; схемы моделей, использованных при проведении исследований; графические окна с результатами моделирования; выводы о возможности использования приложения **Xcos** при решении прикладных задач в области электроники.

1.5.4 Вопросы для самоконтроля

1.5.4.1 Для чего предназначена графическая интерактивная среда Xcos?

1.5.4.2 Как запустить приложение Xcos?

1.5.4.3 Как создать блок-схему модели устройства (системы) в графическом редакторе Xcos?

1.5.4.4 Как изменить параметры блоков в Xcos? В каком виде можно вводить значения параметров?

1.5.4.5 Как правильно подобрать параметры моделирования?

1.5.4.6 Как запустить моделирование?

1.5.4.7 Как создать суперблок в Xcos?

1.5.4.8 Как с помощью осциллографа вывести одновременно несколько временных диаграмм сигналов?

1.6 Лабораторная работа № 6. Программные средства для выполнения чертежей схем электрических цепей

Целью лабораторной работы является овладение навыками использования программных средств компьютерной графики при подготовке и редактировании схем электрических цепей.

Аудиторное время, отводимое на занятие – 6 академических часов.

1.6.1 Задание для подготовки к лабораторной работе

1.6.1.1 Изучить материал учебного пособия [2.5, С. 104 – 141] по теме лабораторной работы.

1.6.1.2 Ознакомиться с требованиями стандартов на условные графические обозначения элементов электрических схем [2.1 – 2.4].

1.6.2 Задание на лабораторную работу

1.6.2.1 Овладеть навыками использования программы TinyCAD при подготовке чертежей электрических схем.

1.6.3 Порядок выполнения лабораторной работы

1.6.3.1 В программе TinyCAD создать библиотеку символов элементов под именем **MAIN**, содержащую символы, необходимые для разработки чертежей элек-

трических схем в соответствии с индивидуальными заданиями (**варианты заданий получить у руководителя занятия**). Символы (условные графические обозначения) элементов должны соответствовать требованиям стандартов [2.1 – 2.4].

1.6.3.2 Используя разработанную библиотеку символов, создать чертежи электрических схем аналогового и цифрового устройств в соответствии с индивидуальным заданием.

1.6.3.3 Подготовить отчет и представить руководителю занятия.

Отчет должен содержать: вид окна с содержимым созданной библиотеки символов элементов; чертежи электрических схем аналогового и цифрового устройств; выводы о возможности использования программы TinyCAD для подготовки чертежей электрических схем с учетом требований стандартов.

1.6.4 Вопросы для самоконтроля

1.6.4.1 Поясните назначение и функциональные возможности программы TinyCAD.

1.6.4.2 Как в программе TinyCAD добавить (удалить) библиотеку символов?

1.6.4.3 Как создать новую библиотеку символов?

1.6.4.4 Как настроить область листа проекта (выбрать единицы измерения и режимы использования координатной сетки, выбрать расстояние между узлами сетки)?

1.6.4.5 Как создать новый символ, отредактировать существующий символ?

1.6.4.6 Как разместить на листе проекта символы элементов?

1.6.4.7 Как изменить положение символа элемента на листе проекта?

1.6.4.8 Как соединить символы элементов проводами?

1.6.4.9 Как добавить на чертеже схемы атрибуты элементов?

2 Литература, рекомендуемая для изучения при подготовке к занятиям

2.1 ГОСТ 2.728-1974. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. – Введ. 1975-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.

2.2 ГОСТ 2.730-1973. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые. – Введ. 1974-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.

2.3 ГОСТ 2.743-1991. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники. – Введ. 1993-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 45 с.

2.4 ГОСТ 2.759-1982. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники. – Введ. 1983-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1997. – 18 с.

2.5 Сильвашко, С. А. Информационные технологии в электронике, радиотехнике и системах связи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / С. А. Сильвашко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т», Каф. пром. электроники и информ.-измер. техники. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 57126 Кб). – Оренбург : ОГУ, 2019. – 265 с. – Загл. с тит. экрана. – Adobe Acrobat Reader 6.0. – ISBN 978-5-7410-2399-0.

2.6 Сильвашко, С. А. Программные средства компьютерного моделирования элементов и устройств электроники : учебное пособие / С. А. Сильвашко, С. С. Фролов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2014. – 170 с. – ISBN 978-5-4417-0454-0.

2.7 СТО 02069024.101 – 2015. Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. Введ. 2016-02-08. – Оренбург : ОГУ, 2015. – 85 с.

Список использованных источников

1 Андриевский, А. Б. Решение инженерных задач в среде Scilab : учебное пособие / А. Б. Андриевский, Б. Р. Андриевский, А. А. Капитонов, А. Л. Фрадков. – СПб. : НИУ ИТМО, 2013. – 97 с.

2 Васильев, А. Н. Научные вычисления в Microsoft Excel / А. Н. Васильев. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 512 с.: ил. – ISBN 5-8459-0573-7.

3 Плещинская, И. Е. Интерактивные системы Scilab, Matlab, Mathcad [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. Е. Плещинская, А. Н. Титов, Е. Р. Бадертдинова, С. И. Дуев ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : Издательство КНИТУ, 2014. – 195 с. – ISBN 978-5-7882-1715-4. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428781>. – ЭБС «Университетская библиотека онлайн».

4 Руководство к схемному редактору TinyCAD [Электронный ресурс] / Пер. с англ. В. Я. Володина. – 2013. – 38 с. – Режим доступа: <http://valvolodin.narod.ru/articl13.html>.

Приложение А

(обязательное)

Варианты исходных данных

Таблица А.1 – Системы линейных уравнений

Номера вариантов	Система линейных уравнений	Номера вариантов	Система линейных уравнений
1	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8, \\ 3x_1 + 3x_3 = 6, \\ 2x_1 - x_2 + 3x_4 = 4, \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4. \end{cases}$	9	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 - 8x_4 = -7, \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -8, \\ x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -10, \\ 2x_1 - x_2 + 2x_4 = 7. \end{cases}$
2	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 22, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 2x_4 = 17, \\ x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 8, \\ x_1 - 2x_3 - 3x_4 = -7. \end{cases}$	10	$\begin{cases} 7x_1 + 7x_2 - 7x_3 - 2x_4 = 5, \\ 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 8x_4 = 60, \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 = 27, \\ 2x_1 - 2x_3 - x_4 = -1. \end{cases}$
3	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4, \\ x_1 - 3x_2 - 6x_4 = -7, \\ 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 2, \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2. \end{cases}$	11	$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 15, \\ -x_2 + 2x_3 + x_4 = 18, \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_4 = 37, \\ 3x_1 - 5x_2 + x_3 - x_4 = 30. \end{cases}$
4	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26, \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 = 34, \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 = 26, \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26. \end{cases}$	12	$\begin{cases} 6x_1 - 9x_2 + 5x_3 + x_4 = 124, \\ 7x_2 - 5x_3 - x_4 = -54, \\ 5x_1 - 5x_2 + 2x_3 + 4x_4 = 83, \\ 3x_1 - 9x_2 + x_3 + 6x_4 = 45. \end{cases}$
5	$\begin{cases} 9x_1 + 10x_2 - 7x_3 - x_4 = 23, \\ 7x_1 - x_3 - 5x_4 = 37, \\ 5x_1 - 2x_3 + x_4 = 22, \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26. \end{cases}$	13	$\begin{cases} 4x_1 - 5x_2 + 7x_3 + 5x_4 = 165, \\ 2x_1 + x_2 - 3x_3 - x_4 = -15, \\ 9x_1 + 4x_3 - x_4 = 194, \\ x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = -19. \end{cases}$
6	$\begin{cases} 2x_1 - 8x_2 - 3x_3 - 2x_4 = -18, \\ x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 28, \\ x_2 + x_3 + x_4 = 10, \\ 11x_2 + x_3 + 2x_4 = 21. \end{cases}$	14	$\begin{cases} 5x_1 + 6x_2 - 9x_3 + 2x_4 = 90, \\ 3x_1 - 4x_2 + 5x_3 - 3x_4 = 12, \\ 9x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 51, \\ 7x_1 + 2x_2 - 8x_3 + x_4 = 32. \end{cases}$
7	$\begin{cases} 6x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158, \\ 2x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128, \\ 3x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7, \\ x_1 - 12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17. \end{cases}$	15	$\begin{cases} -2x_2 + x_3 + 2x_4 = 22,5, \\ 3x_1 + 4x_3 + 3x_4 = 125, \\ -x_1 + 5x_2 + 2x_4 = 28, \\ 2x_1 - 2x_2 + 3x_3 + 5x_4 = 55. \end{cases}$
8	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66, \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63, \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146, \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80. \end{cases}$	16	$\begin{cases} -2x_1 + x_3 + 2x_4 = 20, \\ 3x_2 - x_3 + 3x_4 = 25, \\ x_1 + 4x_2 + 2x_3 = 48, \\ 2x_1 - x_2 + x_3 + 2x_4 = 55. \end{cases}$

Продолжение таблицы А.1

Номера вариантов	Система линейных уравнений	Номера вариантов	Система линейных уравнений
17	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 88, \\ 5x_1 + 2x_3 - 3x_4 = 88, \\ 7x_1 - 3x_2 + 7x_3 + 2x_4 = 181, \\ 3x_1 - 7x_2 + 5x_3 + 2x_4 = 99. \end{cases}$	19	$\begin{cases} 2x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 60, \\ x_1 + 3x_2 - 2x_3 = 45, \\ 3x_1 + 4x_2 - 2x_4 = 22, \\ -x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 = 75. \end{cases}$
18	$\begin{cases} 2x_1 - 3x_3 - 2x_4 = -16, \\ 2x_1 - x_2 + 13x_3 + 4x_4 = 213, \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 72, \\ x_1 - 12x_3 - 5x_4 = -159. \end{cases}$	20	$\begin{cases} 4x_1 + 7x_2 - 2x_4 = 43, \\ 3x_1 + 7x_2 + 9x_3 + 3x_4 = 12,5, \\ 5x_1 + 5x_2 + 3x_3 + 6x_4 = 54, \\ 6x_1 + 2x_2 - 3x_3 - 5x_4 = 55. \end{cases}$

Таблица А.2 – Нелинейные уравнения

Номера вариантов	$f(x)$	Номера вариантов	$f(x)$
1	$e^{x-1} - x^3 - x$ $x \in [0, 1]$	9	$0.25x^3 + x - 2$ $x \in [0, 2]$
2	$x - \frac{1}{3 + \sin(3.6x)}$ $x \in [0, 1]$	10	$\arccos \frac{1-x^2}{1+x^2} - x$ $x \in [2, 3]$
3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0.3x^3}$ $x \in [0, 1]$	11	$3x - 4 \ln x - 5$ $x \in [2, 4]$
4	$\sqrt{1 - 0.4x^2} - \arcsin x$ $x \in [0, 1]$	12	$e^x - e^{-x} - 2$ $x \in [0, 1]$
5	$3x - 14 + e^x - e^{-x}$ $x \in [1, 3]$	13	$\sqrt{1-x} - \operatorname{tg} x$ $x \in [0, 1]$
6	$\sqrt{2x^2 + 1.2} - \cos x - 1$ $x \in [0, 1]$	14	$1 - x + \sin x - \ln(1+x)$ $x \in [0, 2]$
7	$\cos\left(\frac{2}{x}\right) - 2\sin\left(\frac{1}{x}\right) + \frac{1}{x}$ $x \in [1, 2]$	15	$x^5 - x - 0,2$ $x \in [1, 2]$
8	$0.1x^2 - x \ln x$ $x \in [1, 2]$	16	$\arccos\left(\frac{\sqrt{x}}{2x+5}\right) - 1,5$ $x \in [0, 5]$

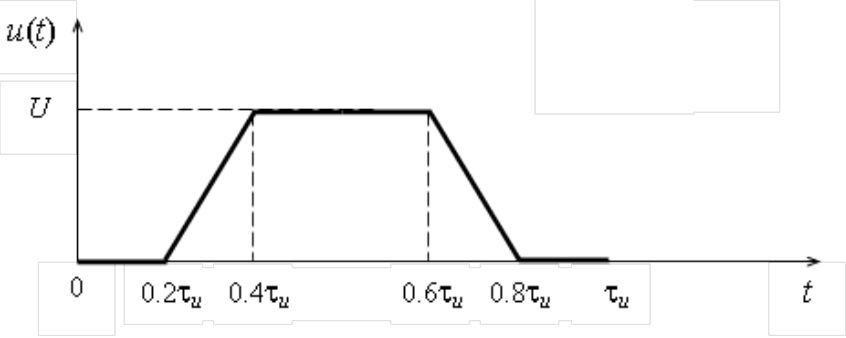
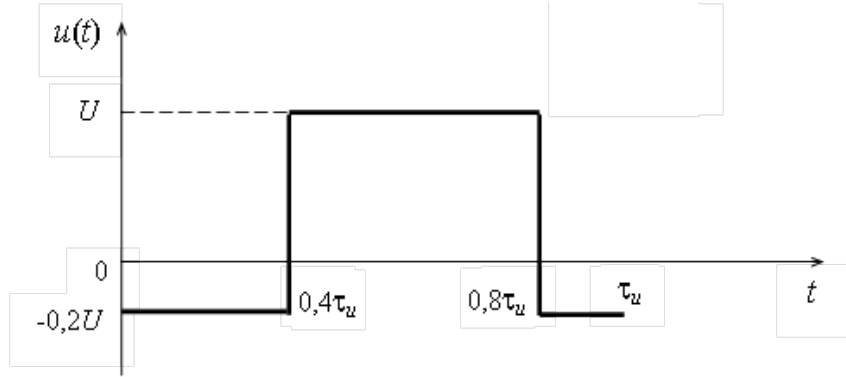
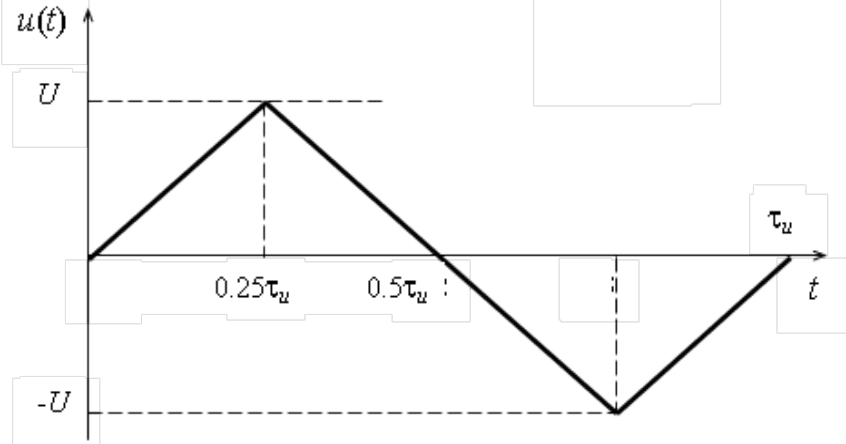
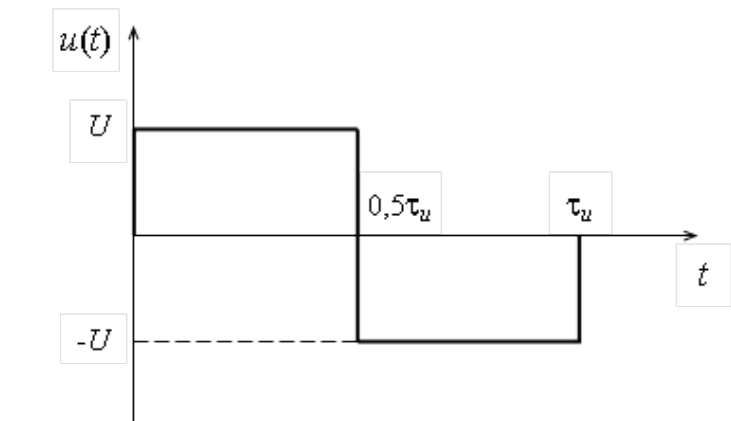
Продолжение таблицы А.2

Номера вариантов	$f(x)$	Номера вариантов	$f(x)$
17	$-\arctg\left(\frac{\sqrt{x}}{2x+5}\right) + 0,1$ $x \in [0, 5]$	19	$\cos\left(x^2 + \frac{3x}{\sqrt{2}}\right)$ $x \in [0; 1,3]$
18	$\operatorname{arcctg}\left(\frac{x^3}{\sqrt{2x}} - 1\right)$ $x \in [0, 3]$	20	$\frac{1}{\operatorname{arcctg}(x^3)} - 0,7$ $x \in [1, 3]$

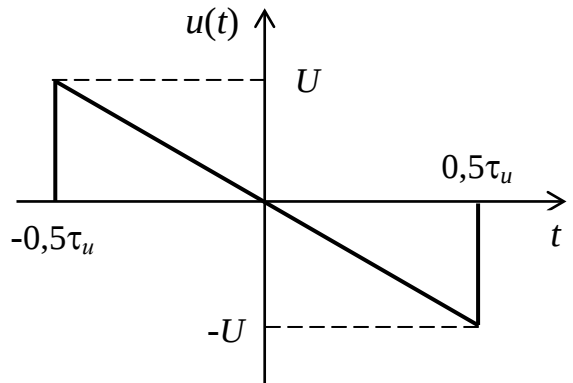
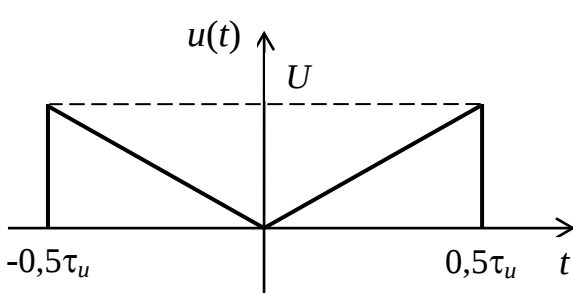
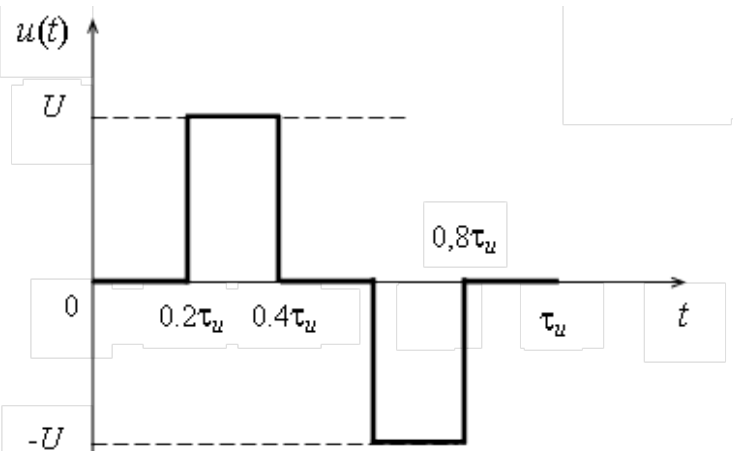
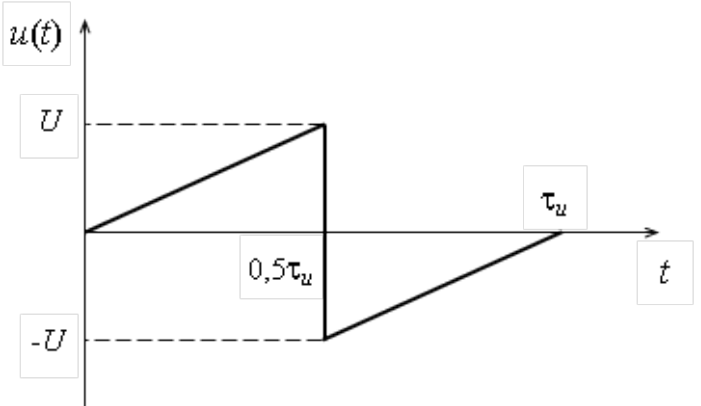
Таблица А.3 – Параметры импульсных сигналов

Номера вариантов	Амплитуда импульса $U, В$	Длительность импульса $\tau_u, мс$
1	10	0,1
2	5	0,1
3	7	0,4
4	4	0,6
5	8	0,5
6	1	0,4
7	6	0,7
8	2	0,8
9	3	0,6
10	9	0,8
11	3	0,5
12	4	0,1
13	6	0,4
14	7	0,6
15	5	0,2
16	5	0,4
17	3	0,8
18	10	0,5
19	6	0,4
20	4	0,1

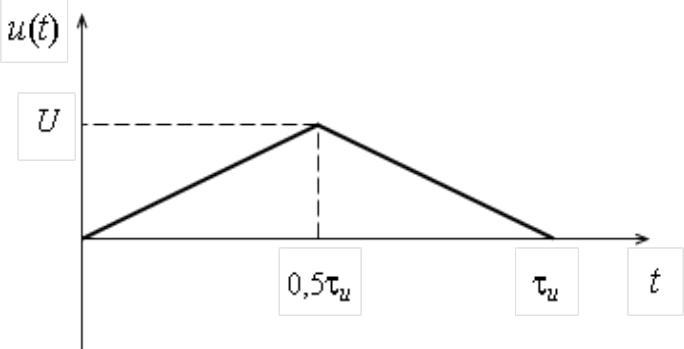
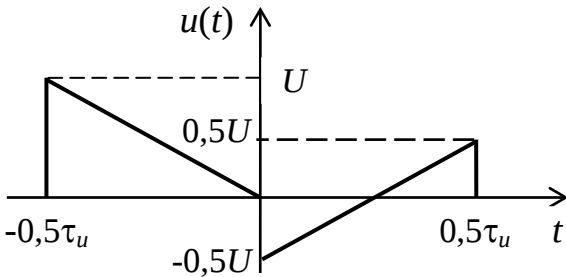
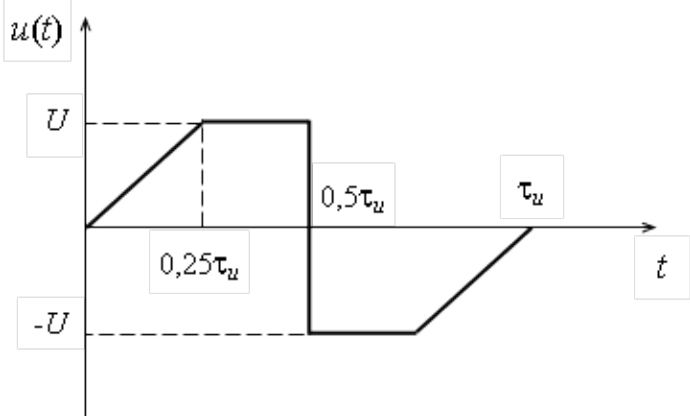
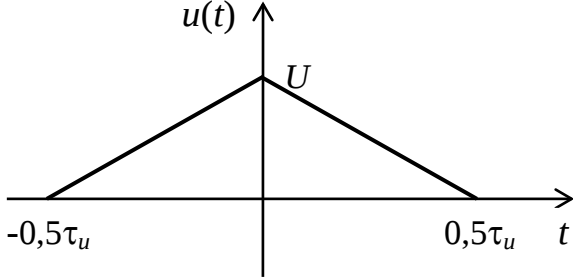
Таблица А.4 – Варианты импульсных сигналов

Номера вариантов	Закон изменения напряжения
1	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The signal is zero until $0.2\tau_u$, then rises linearly to U at $0.4\tau_u$, stays constant until $0.6\tau_u$, falls linearly to zero at $0.8\tau_u$, and remains zero until τ_u.
2	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The signal is $-0.2U$ until $0.4\tau_u$, jumps to U, stays constant until $0.8\tau_u$, jumps to $-0.2U$, and stays constant until τ_u.
3	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The signal starts at 0, rises linearly to U at $0.25\tau_u$, falls linearly to $-U$ at $0.75\tau_u$, and then rises linearly back to 0 at τ_u.
4	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The signal is U until $0.5\tau_u$, jumps to $-U$, stays constant until τ_u, and then jumps back to 0.

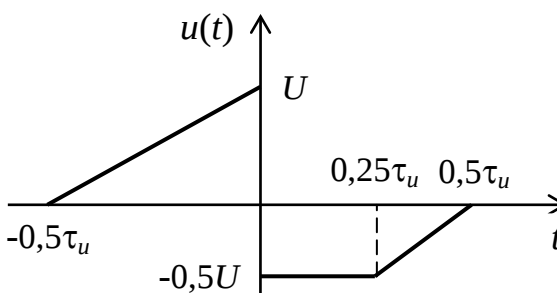
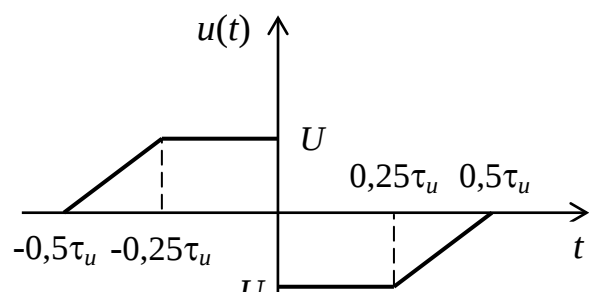
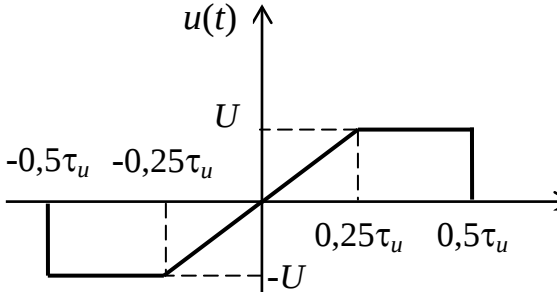
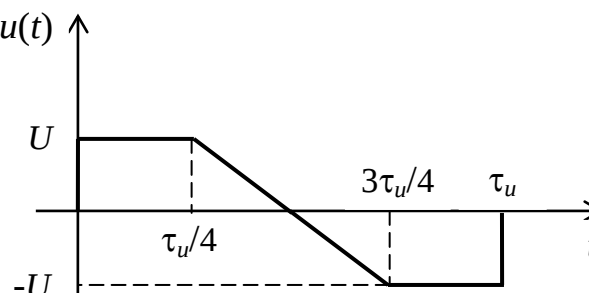
Продолжение таблицы А.4

Номера вариантов	Закон изменения напряжения
5	
6	
7	
8	

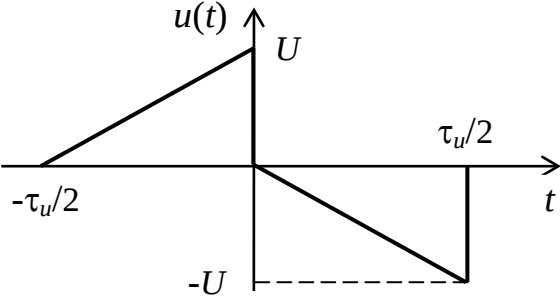
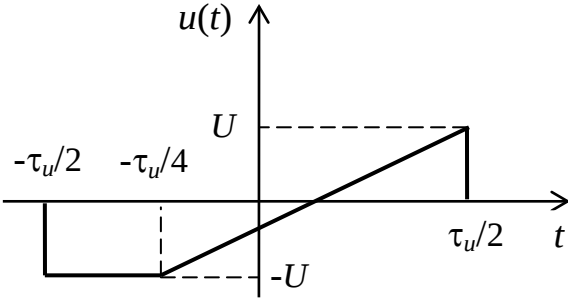
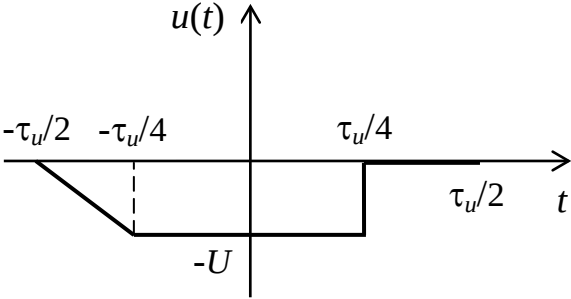
Продолжение таблицы А.4

Номера вариантов	Закон изменения напряжения
9	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The voltage starts at 0, rises linearly to a peak value U at $t = 0,5\tau_u$, and then falls linearly back to 0 at $t = \tau_u$.
10	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The voltage is zero for $t < -0,5\tau_u$. It rises linearly from 0 to U over the interval $[-0,5\tau_u, 0]$, remains at U for a short duration, then falls linearly to $-0,5U$ at $t = 0$. It remains at $-0,5U$ for a short duration, then rises linearly to 0 at $t = 0,5\tau_u$, and remains at 0 for $t > 0,5\tau_u$.
11	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The voltage starts at 0, rises linearly to U at $t = 0,25\tau_u$, remains constant at U until $t = 0,5\tau_u$, then falls linearly to $-U$ at $t = 0,5\tau_u$. It remains constant at $-U$ until $t = 0,75\tau_u$, then rises linearly back to 0 at $t = \tau_u$.
12	 Graph of voltage $u(t)$ versus time t. The voltage is zero for $t < -0,5\tau_u$. It rises linearly from 0 to U over the interval $[-0,5\tau_u, 0]$, remains at U for a short duration, then falls linearly back to 0 at $t = 0,5\tau_u$, and remains at 0 for $t > 0,5\tau_u$.

Продолжение таблицы А.4

Номера вариантов	Закон изменения напряжения
13	
14	
15	
16	

Продолжение таблицы А.4

Номера вариантов	Закон изменения напряжения
17	
18	
19	
20	