



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Д.С. Адамов, Э.А. Болелов, О.В. Васильев,
И.Б. Губерман, С.С. Коротков

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА 4 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА

Учебно-методическое пособие

для студентов
специальности 25.05.03
всех форм обучения

Москва · 2022

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической эксплуатации
радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта

Д.С. Адамов, Э.А. Болелов, О.В. Васильев,
И.Б. Губерман, С.С. Коротков

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА 4

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА

Учебно-методическое пособие

*для студентов
специальности 25.05.03
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2022

УДК 004.9
ББК 6Ф2
А28

Рецензент:

Петров В.И. – канд. техн. наук, доцент

А28 **Адамов Д.С**

Учебная практика 4. Вычислительная практика [Текст] : учебно-методическое пособие / Д.С. Адамов, Э.А. Болелов, О.В. Васильев, И.Б. Губерман, С.С. Коротков. – М.: ИД Академии Жуковского, 2022. – 80 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Учебная практика 4. Вычислительная практика» по учебному плану по специальности 25.05.03 для студентов всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 07.04.2022 г. и методического совета 07.04.2022 г.

**УДК 004.9
ББК 6Ф2**

В авторской редакции

Подписано в печать 31.08.2022 г.

Формат 60х84/16 Печ. л. 5 Усл. печ. л. 4,65
Заказ № 905/0603-УМП21 Тираж 30 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2022

Введение

Целью вычислительной практики является знакомство и приобретение первичных навыков работы с текстовыми редакторами и основными программами MS Office, а также, изучение и освоение пакетов прикладных программ, графических и программных модулей, позволяющих провести имитационное моделирование радиоэлектронного оборудования и систем используемых в будущей профессиональной деятельности; получение сведений о специфике избранного специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования, а также овладение первичными профессиональными умениями.

Вычислительная практика проводится на кафедре «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта» в компьютерных классах, оборудованных компьютерами с установленным специализированным программным обеспечением.

Вычислительная практика относится к учебным практикам части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования. Для ее успешного освоения обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными по дисциплине «Информатика и информационные технологии».

Вычислительная практика включает в себя следующие темы:

1. Работа с пакетом программ Microsoft Office и совместимыми с ним программами. Оформление отчетных документов с использованием программ Microsoft Office;
2. Работа с вычислительной техникой и прикладными программами, используемыми в профессиональной деятельности;
3. Работа с системами имитационного моделирования.

Вычислительная практика является одним из важнейших этапов обучения для освоения студентами дисциплин «Моделирование сложных организационно-технических систем» и «Практика преддипломная», также элементы Вычислительной практики используются в следующих дисциплинах: «Языки программирования», «Цифровые вычислительные системы и их программное обеспечение» и др.

Тема 1. Работа с пакетом программ Microsoft Office и совместимыми с ним программами. Оформление отчетных документов с использованием программ Microsoft Office

1.1. Работа с текстовым редактором Microsoft Word

Ниже приведен примерный перечень заданий по теме 1. Конкретный перечень заданий на вычислительную практику формируется преподавателем-руководителем практики для каждого студента индивидуально и выдается перед началом практики.

Задание №1. Редактирование текста.

Выполнение задания:

1. Изучите национальный стандарт Российской Федерации – ГОСТ Р 2.105 – 2019. «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам».

2. Наберите текст и выполните редактирование по образцу.

3. Установите следующие параметры документа: ориентация – книжная; поля: левое - 3 см, верхнее – 2 см, правое – 1,5 см, нижнее – 2 см; абзац – 1,25; междустрочный интервал - одинарный; выравнивание – по ширине; размер шрифта – 12; тип шрифта – Times New Roman.

4. Создайте личную папку на рабочем столе и сохраните работу под именем Задание №1 и представьте на контроль преподавателю-руководителю практики.

Текст:

Радиолокационная станция обзора летного поля «Атлантика»

РЛС обзора летного поля (РЛС ОЛП) «Атлантика» предназначена для контроля и управления движением воздушных судов (ВС) на стоянках, во время руления, старта и посадки, обнаружения и наблюдения за специальным автотранспортом, техническими средствами и другими объектами, находящимися на взлетно-посадочных полосах (ВПП), рулежных дорожках и перронах. Наличие системы обзора летного поля обязательно при аттестации гражданских аэропортов на III категорию ICAO.

Таблица 1 – Технические характеристики РЛС ОЛП «Атлантика»

Диапазон	Ка
Несущая частота, Гц	33,5 -34,1
Поляризация излучения	круговая
Импульсная мощность излучения, кВт	менее 6
Период вращения антенны, с	1
Квантование эхо-сигналов	80 МГц - 8 разрядов
Длительность зондирующего импульса, нс:	
• в режиме коротких импульсов	55±10

• в режиме длинных импульсов	125±25
Антенна:	
• тип	A3
• габариты (длина - высота), м	2,4 - 0,5
• диаграмма направленности (гориз - вертикаль), град	0,24 - 2,5
• усиление	20000

Задание №2. Работа в редакторе формул Microsoft Word.

Выполнение задания:

На панели инструментов откройте вкладку «Вставка» и нажмите на значок «Уравнение». Поле ввода формулы откроется в том месте, где изначально располагался курсор. После выполнения задания сохраните работу в личной папке под именем Задание №2 и представьте на контроль преподавателю-руководителю практики.

Формулы:

- 1) $(a^2 + b^2) = a^2 + 2ab + b^2$ 2) $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$
- 3) $(a^2 - b^2) = a^2 - 2ab + b^2$ 4) $\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$
- 5) $a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$ 6) $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$
- 7) $\lim_{x \rightarrow -2} \frac{x^2 + 6x + 8}{x^3 + 8}$ 8) $f(x) = 4x^5 - 3 \sin x + 5 \operatorname{ctg} x$ 9) $\int_0^4 3\sqrt[3]{x^2} dx$
- 10) $f(x) = \frac{x^2}{x^3 + 4}$ 11) $f(x) = \cos x - \frac{1}{3} \cos^3 x$ 12) $\int_0^4 3\sqrt{x} dx$
- 13) $f(x) = \frac{x^2 - 1}{x^2 + 1}$ 14) $f(x) = \sin x + \frac{1}{4} \sin^3 x$ 15) $\int_0^2 (3x^2 - 1) dx$
- 14) Интеграл Остроградского-Гаусса;
- 15) Интеграл Стокса;
- 16) Уравнение Максвелла в дифференциальной и интегральной форме;
- 17) Формула Ньютона-Лейбница;
- 18) Уравнение Фредгольма;
- 19) Уравнение Стратоновича для апостериорной плотности вероятности;
- 20) Гамма-процентный закон распределения вероятностей.

Задание №3. Построение диаграмм в текстовом редакторе Microsoft Word.

Выполнение задания:

Используя конструктор диаграмм по заданным параметрам в Таблице 2 постройте диаграмму в текстовом редакторе. Для этого, в верхней панели инструментов откройте вкладку «Вставка», а после нажмите на значок «Диаграмма». Чтобы получить вид диаграммы, приведённой в примере,

необходимо выбрать вид «Гистограмма с группировкой». После выполнения задания сохраните работу в личной папке под именем Задание №2 представьте на контроль преподавателю-руководителю практики.

Таблица 2 – Количество аэродромов в РФ в период с 1992 по 2018 годы

Год	Количество
1992	1302
1993	1169
1994	1011
1995	876
1996	849
1997	756
1998	639
1999	579
2000	533
2001	496
2002	451
2003	423
2004	411
2005	393
2006	383
2007	351
2008	330
2009	329
2010	328
2011	332
2012	315
2013	304
2014	297
2015	282
2016	254
2017	229
2018	227

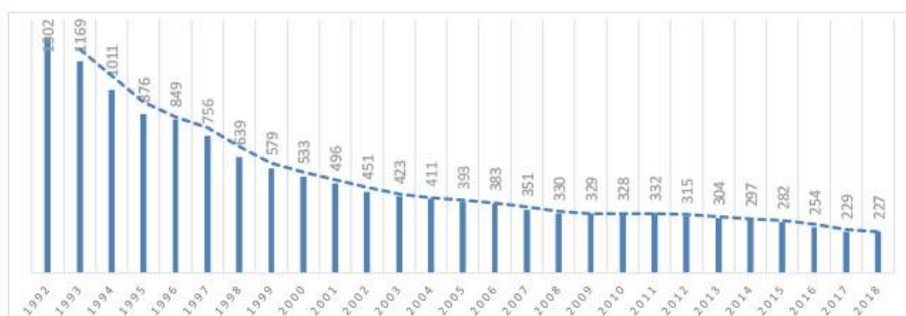


Рисунок 1 – Примерный вид диаграммы.
Количество аэродромов РФ в период с 1992 по 2018 годы

1.2. Работа с программой подготовки и просмотра презентаций Microsoft PowerPoint

Задание №4. Создание презентации.

Создайте презентацию объемом 20 слайдов с использованием графических объектов. Тема задается преподавателем индивидуально для каждого студента. Обязательно соблюсти следующую структуру разделов презентации: введение, тематические разделы, заключение.

Выполнение задания:

1. Запустите приложение Microsoft PowerPoint.
2. Создайте новый слайд.

3. Перейдите во вкладку «Дизайн» и выберите Тему и Вариант оформления презентации.

4. Подготовьте титульный слайд. Для этого в поле «Заголовок слайда» вписать тему презентации, а в поле «Подзаголовок слайда» впишите себя в следующей форме: «Доклад подготовил: студент группы РТ 1-1, Иванов И.И.».

5. Добавьте новый слайд. Установите для этого слайда вариант разметки «Заголовок и объект». Для этого на панели инструментов в верхней строке нажать на треугольник «Создать слайд», выпадет список с образцами структур слайдов. Выберите «Заголовок и объект».

6. Найдите текстовый и графический материал в сети Интернет и подготовьте слайды презентации. Использование графического материала обязательно. Обозначение в презентации рисунков и таблиц аналогично обозначениям в текстовом редакторе Microsoft Word (см. Задание № 1-3).

7. Настройте эффекты анимации. На панели инструментов откройте вкладку «Переходы». Выберите переходы к слайду и параметры эффектов. Следует выбирать переходы, эффекты и настраивать их время так, чтобы при демонстрации презентации они не препятствовали усвоению информации и не вызывали дискомфорт у зрителей.

8. Настройте автоматическую смену слайдов. Для этого на панели инструментов откройте вкладку «Слайд-шоу» и настройте время смены слайдов. Также, вы можете осуществлять смену слайдов по щелчку мыши не настраивая время смены слайдов.

9. Настройте «Режим докладчика». Он используется при демонстрации презентации в качестве подсказки докладчику невидимой на проекционном экране, но отображаемой на мониторе ПК, которая появляется в форме заранее заготовленного текста после запуска презентации. Содержимое презентации должно состоять из основных положений доклада, рисунков, таблиц и диаграмм, которые помогают сделать вывод слушателям. Сам текст, с которым выступает докладчик может быть размещен в данной подсказке. Откройте вкладку «Слайд-шоу», в группе инструментов «Мониторы» поставьте галочку «Режим докладчика». Текст доклада размещается в поле «Заметки к слайду», которое расположено под каждым слайдом презентации.

10. Запустите демонстрацию презентации нажав клавишу F5 (или fn+ F5). Щелкните правой клавишей мыши по экрану и выберите команду «Показать режим докладчика». Настройте экран докладчика, три экрана регулируются по размеру между собой. Убедитесь, что заданные параметры (переходы, эффекты, длительность эффектов и время смены слайдов) соответствуют действительности.

11. После выполнения задания сохраните работу в личной папке под именем Задание №4 и представьте на контроль преподавателю-руководителю практики.

Задание №5. Гиперссылки. Стили WordArt.

Выполнение задания:

1. Откройте презентацию Задание № 4.
2. Вставьте перед вторым слайдом новый слайд. В поле «Заголовок слайда» введите текст «Содержание доклада». Выделите введенный заголовок и перейдите на вкладку «Формат». С помощью инструментов группы «Стили WordArt» придайте заголовку красочный вид.
3. Перечислите поочередно на этом же слайде в поле «Текст слайда» все заголовки разделов презентации. Настройте нумерацию списка. На вкладке «Главная» при помощи инструментов группы «Шрифт» придайте списку красочный вид.
4. Необходимо связать каждый пункт из списка «Содержание доклада» с соответствующим слайдом презентации, иначе говоря, создать гиперссылку. Для этого, выделите название раздела и выполните команду нажатием правой клавиши мыши «Вставка» → «Гиперссылка».
5. В окне «Вставка» гиперссылки выберите «Связать с:» → «Место в документе». Выберите место в документе с соответствующим слайдом. Подтвердите свой выбор щелчком на кнопке «Ок». Обратите внимание, как изменился стиль наименования раздела на слайде № 2.
6. Создайте на каждом слайде, где начинается новый раздел управляющую кнопку, обеспечивающую переход к слайду № 2:
 - a. Перейдите на вкладку «Вставка»;
 - b. В группе «Иллюстрации» выберите инструмент «Фигуры»;
 - c. В раскрывшемся списке в группе «Управляющие кнопки» выберите кнопку «В начало»;
 - d. Вставьте на слайд выбранную кнопку подходящего размера;
 - e. В окне «Настройка действия» установите переход по гиперссылке на слайд № 2 и подтвердите свой выбор щелчком по кнопке «Ок».
8. Запустите презентацию. Просмотрите слайды презентации с использованием гиперссылок.
9. Сохраните изменения, выполненные в презентации.

1.3. Работа с программой Microsoft Excel.

Задание № 6. Построение графика функции одной переменной.

Табулировать функцию $y(x) = x^2$ на промежутке $x \in [-5; 5]$ с шагом $\Delta x = 0,5$. Построить график заданной функции.

Необходимо выполнить:

1. Записать условие задачи на рабочем листе Excel.
2. Построить таблицу значений аргумента x и функции $y(x)$.
3. Построить график функции с помощью диаграмм.

Выполнение задания:

1. Оформить условие задачи, расположив на рабочем листе, как текстовые данные. Для записи математических выражений использовать редактор формул.

2. Задать начальное значение x равное 5 и следующее соседнее значение, отличное от него на заданный шаг 4,5. Разместить данные значения в ячейках B5 и B6. С помощью маркера автозаполнения получить остальные значения аргумента в ячейках B7:B25. записать ячейку C5 формулу =B5*B5. Используя копирование, заполнить формулами диапазон ячеек C6:C25 (рис. 2).

Задание №6 Табулировать функцию $y(x) = x^2$ на промежутке $[-5; 5]$ с шагом $\Delta x = 0,5$ Построить график заданной функции.

x	y(x)
5	25
4,5	20,25
4	16
3,5	12,25
3	9
2,5	6,25
2	4
1,5	2,25
1	1
0,5	0,25
0	0
-0,5	0,25
-1	1
-1,5	2,25
-2	4
-2,5	6,25
-3	9
-3,5	12,25
-4	16
-4,5	20,25
-5	25

Рисунок 2 – Диапазон области определения функции и области её значений

3. Выделить диапазон области определения функции и области её значений, т.е. все значения аргумента x и функции $y(x)$ из таблицы на рабочем листе (диапазон B5:C25). Далее перейти во вкладку «Вставка» и выбрать команду «Рекомендуемые диаграммы». Откроется окно «Вставка диаграммы» (рис. 3).

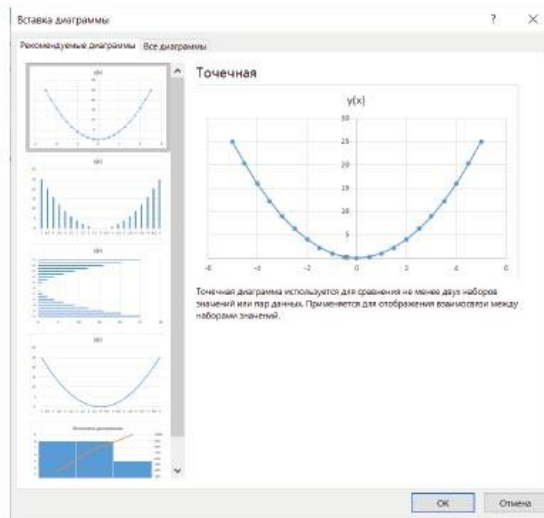


Рисунок 3 – Окно «Вставка диаграммы» в Microsoft Excel

4. Обратите внимание на назначение графика выбранного вида и нажмите кнопку «Далее». (Рекомендуется выбрать вид диаграммы «Точечная»).
5. После отображения диаграммы можно задать различные параметры:
 - изменить ее размер и расположение на рабочей области Листа;
 - ввести название графика, надписи осей координат;
 - отобразить основные и промежуточные линии сетки, имена рядов и числовые значения заданных точек по оси x и по оси y , «легенду».

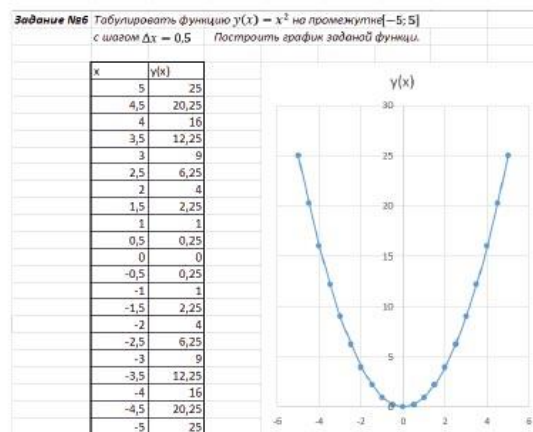


Рисунок 4 – Пример решения задания № 6

Варианты данных для выполнения Задания №6:

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1) $y(x) = 5 \sin x$ | 2) $y(x) = e^x$ | 3) $y(x) = x - 1 $ |
| 4) $y(x) = \cos(x - 1)$ | 5) $y(x) = e^{-x}$ | 6) $y(x) = x^2 - 1 $ |
| 7) $y(x) = \cos x $ | 8) $y(x) = \sqrt{x - 1}$ | 9) $y(x) = x^2 - 5x + 6 $ |
| 10) $y(x) = x^3$ | 11) $y(x) = x^{-2}$ | 12) $y(x) = x^2 - 5 x + 6 $ |
| 13) $y(x) = x \sin^2 x$ | 14) $y(x) = 2x + 1$ | 15) $y(x) = 2 x - 1 $ |

Задание № 7. Построение графика кусочно-непрерывной функции. Записать вычисление функции для каждого промежутка отдельно, т.е. самостоятельно решить, как вычислять функцию на конкретно заданном промежутке.

Вычислить значения кусочно-непрерывной функции:

$$y(x) = \begin{cases} x, & x \leq 0, \\ x^2, & x > 0. \end{cases}$$

Задать промежуток изменения аргумента и его шаг.

Необходимо выполнить:

1. Записать условие задачи на рабочем листе Excel.
2. Построить таблицу значений аргумента x и функции $y(x)$.
3. Построить график функции с помощью диаграмм.

Выполнению задания:

1. Оформить условие задачи, расположив на рабочем листе, как текстовые данные. Для записи математических выражений использовать редактор формул.

2. Задать начальное значение аргумента функции x , равное -10, и записать это значение в ячейку с адресом B9, а максимальное значение 10 записать в ячейку с адресом B19. Исходя из соображений симметричности промежутков, шаг Δx можно задать равным 2 (рис.5).

	A	B	C	D	E
1	Задание №7 Вычислить значения заданной функции				
2					
3		$y(x) = \begin{cases} x, & x \leq 0, \\ x^2, & x > 0. \end{cases}$			
4					
5					
6		Построить ее график			
7					
8		x	y(x)		
9		-10	-10		
10		-8	-8		
11		-6	-6		
12		-4	-4		
13		-2	-2		
14		0	0		
15		2	4		
16		4	16		
17		6	36		
18		8	64		
19		10	100		
20					

Рисунок 5 – Таблица значений аргумента x и функции $y(x)$

Заполнить данными диапазон ячеек B9:B19. Вычисление значений функции выполнить с помощью двух формул. Записать отдельно формулу вычисления функции для отрицательных значений аргумента =B9 и вторую формулу вычисления функции для положительных значений аргумента =B19B19. Первую формулу расположить в ячейке C9 и скопировать ее в ячейки диапазона C9:C14. Вторую формулу расположить в ячейке C19 и скопировать в ячейки диапазона C15:C19.



Рисунок 6 – Пример решения задания № 7

Варианты данных для выполнения Задания № 7:

- 1) $y(x) = \begin{cases} x^3, & x < 0, \\ x - 1, & x \geq 0. \end{cases}$
- 2) $y(x) = \begin{cases} |x - 1|, & x < 0, \\ x^2, & x \geq 0. \end{cases}$
- 3) $y(x) = \begin{cases} \sin x, & x \geq 0, \\ |x|, & x < 0. \end{cases}$
- 4) $y(x) = \begin{cases} e^x, & x \geq 0, \\ |x - 1|, & x < 0. \end{cases}$
- 5) $y(x) = \begin{cases} x^3, & x \geq 0, \\ |x|, & x < 0. \end{cases}$
- 6) $y(x) = \begin{cases} \sqrt{x^2 - 1}, & x \geq 0, \\ e^x, & x < 0. \end{cases}$
- 7) $y(x) = \begin{cases} \sin 3x, & x \geq 0, \\ |x^2 - 5|x| + 6|, & x < 0. \end{cases}$
- 8) $y(x) = \begin{cases} x^2 - 1, & x \geq 0, \\ \cos x, & x < 0. \end{cases}$
- 9) $y(x) = \begin{cases} x^2, & x \geq 0, \\ |x - 1|, & x < 0. \end{cases}$
- 10) $y(x) = \begin{cases} |x^2 - 6x + 8|, & x \leq 0, \\ x + 1, & x > 0. \end{cases}$
- 11) $y(x) = \begin{cases} |x^2 - 5|x| + 6|, & x \geq 0, \\ x - 1, & x < 0. \end{cases}$
- 12) $y(x) = \begin{cases} -x, & x \geq 0, \\ x^3, & x < 0. \end{cases}$
- 13) $y(x) = \begin{cases} 2^x, & x \geq 0, \\ -x - 1, & x < 0. \end{cases}$
- 14) $y(x) = \begin{cases} \cos 3x, & x \geq 0, \\ |x^2 - 5|x||, & x < 0. \end{cases}$

Задание № 8. Вычислить значения кусочно-непрерывной функции. Задать промежуток изменения аргумента и его шаг.

$$y(x) = \begin{cases} 3\sqrt{|x-1|} - 3,25, & x < -1, \\ -x, & -1 \leq x \leq 1, \\ 3,25 - 3\sqrt{x+1}, & x > 1. \end{cases}$$

Необходимо выполнить:

1. Записать условие задачи на рабочем листе Excel.
2. Построить таблицу значений аргумента x и функции $y(x)$.
3. Построить график функции с помощью диаграмм.

Выполнение задания:

1. Оформить условие задачи, расположив на рабочем листе, как текстовые данные. Для записи математических выражений использовать редактор формул.

2. Задать начальное значение аргумента функции x , равное -5, а максимальное значение 5. Исходя из соображений симметричности промежутков, шаг Δx можно задать равным 0,5. Заполнить данными диапазон ячеек B10:B30.

3. Вычисление функции записать при помощи функции ЕСЛИ (Рис. 7) в ячейку C10, последовательно скопировать эту формулу в ячейки C11:C30.

f_x	=ЕСЛИ(B10<-1;3*КОРЕНЬ(ABS(B10-1))-3,25;ЕСЛИ(B10>1;3,25-3*КОРЕНЬ(B10+1);-B10))									
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	

Рисунок 7 – Запись функции ЕСЛИ

4. Порядок построения графика приведен в задаче 1. Диапазон данных для построения графика сформирован в ячейках B10:C30, рис.8.

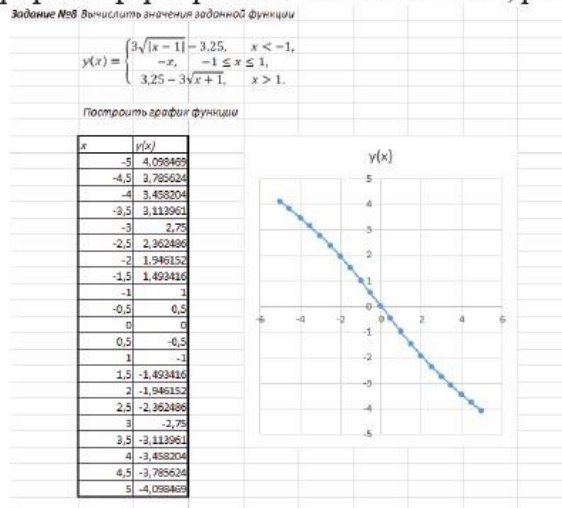


Рисунок 8 – Пример решения задания №8

Варианты данных для выполнения Задания № 8:

$$\begin{aligned}
 1) y(x) &= \begin{cases} \sin(x+1)^2, x < -1, \\ -(1 + \cos \pi x), -1 \leq x \leq 1, \\ \sin(x-1)^2, x \geq 1. \end{cases} & 2) y(x) &= \begin{cases} 0, x < 1, \\ \frac{\ln x}{x}, 1 \leq x < e, \\ \frac{x^2}{e^3}, x \geq e. \end{cases} \\
 3) y(x) &= \begin{cases} 1 + 2x^2, x \leq 0, \\ 1, 0 < x < 0,5, \\ 1 - (x - 0,5)^4, x \geq 0,5. \end{cases} & 4) y(x) &= \begin{cases} 6\sqrt[3]{|x|} - 5, x < -1, \\ x^2, -1 \leq x \leq 1, \\ 6\sqrt[3]{x} - 5, x > 1. \end{cases} \\
 5) y(x) &= \begin{cases} 7\sqrt{|x-1|} - 11, x < -3, \\ x, -3 \leq x \leq 3, \\ 7\sqrt{x+1} - 11, x > 3. \end{cases} & 6) y(x) &= \begin{cases} \pi - (x + \pi)^2, x < -\pi, \\ \pi + \cos x + 1, -\pi \leq x < \pi, \\ \pi - (x - \pi)^2, x \geq \pi. \end{cases} \\
 7) y(x) &= \begin{cases} \cos 5\pi(x - 0,2), x < 0,2, \\ 1 - 2 \cos 5\pi(x - 0,2), 0,2 \leq x \leq 0,4, \\ 3, x \geq 0,4. \end{cases} & 8) y(x) &= \begin{cases} x + e^{-x}, x \leq 0, \\ 1, 0 < x < 1, \\ 1 + (x - 1)^2, x \geq 1. \end{cases} \\
 9) y(x) &= \begin{cases} 1 + \sin^3(x + 0,5), x < -0,5, \\ 1, -0,5 \leq x \leq 0,5, \\ 1 + \sin^3(x - 0,5), x > 0,5. \end{cases} & 10) y(x) &= \begin{cases} -\cos \frac{x+1}{2}, x \leq -1, \\ \sin \frac{\pi}{2}x, -1 < x < 1, \\ \cos \frac{x-1}{2}, x \geq 1. \end{cases} \\
 11) y(x) &= \begin{cases} (x+1)^2, x < -1, \\ (1 + \cos \pi x), -1 \leq x \leq 1, \\ -(x-1)^2, x > 1. \end{cases} & 12) y(x) &= \begin{cases} |x|, x \leq 0, \\ \frac{-\sin 2\pi x}{2\pi}, 0 < x < 1, \\ 1 - x, x \geq 1. \end{cases} \\
 13) y(x) &= \begin{cases} x(x+2), x \leq -2, \\ \sin \pi x, -2 < x < 0, \\ x(x+2), x \geq 0. \end{cases} & 14) y(x) &= \begin{cases} \sqrt{x}, x \geq \pi, \\ \sin^2 x + \sqrt{x}, 0 \leq x < \pi, \\ x^2, x < 0. \end{cases}
 \end{aligned}$$

Задание № 9. Построение графика поверхности.

Вычислить значения функции $z(x, y) = x^2 - y^2$. Построить график заданной функции.

Необходимо выполнить:

1. Записать условие задачи на рабочем листе Excel.
2. Построить таблицу значений аргументов x, y и функции $z(x, y)$.
3. Построить график функции с помощью диаграмм.

Выполнение задания:

1. Оформить условие задачи, расположив на рабочем листе, как текстовые данные. Для записи математических выражений использовать редактор формул.

2. Подготовить диапазон изменения функций по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а

другой - вдоль прилегающей строки вправо. Задать начальное значение x , равное -1, в ячейку с адресом B4, а следующее соседнее значение, отличное от него на заданный шаг 0,25, - в ячейку B5. С помощью маркера автозаполнения получить остальные значения аргумента x до 1, разместив их в ячейках вдоль столбца В вниз, начиная с ячейки B6 до ячейки с адресом B12. Записать в ячейку C3 начальное значение аргумента y , равное -1, а следующее соседнее значение, отличное от него на заданный шаг 0,25, - в ячейку D3. С помощью маркера автозаполнения получить остальные значения аргумента y до 1 в ячейках E3:K3.

3. Разместить на пересечении координат формулу $z(x, y) = x^2 - y^2$. Для вычисления значений функции, записать ее по правилам Excel, (=B\$4^2-C\$3^2). С помощью маркера автозаполнения скопировать формулу на весь диапазон ячеек C4:K12.

4. Выделить подготовленные данные и воспользоваться построить график при помощи диаграмм. Выбрать тип диаграммы «Поверхность». Пример выполнения приведен на рис. 9.

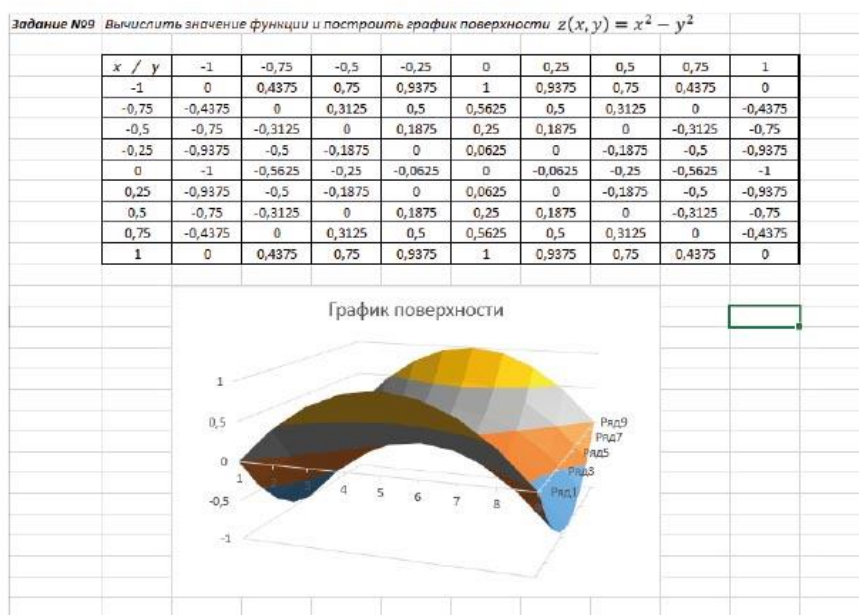


Рисунок 9 – Пример решения задания №9

Варианты данных для выполнения Задания № 9:

1. $z(x, y) = 5y \cos^2(x - 5) - 5y^3 e^{y+1}$; 8. $z(x, y) = (3x - 1)\sqrt{x} + 2 \sin^2 y$;

- | | |
|---|---|
| 2. $z(x, y) = 10x^3 \sin^2 e - 2x^2 y^3$; | 9. $z(x, y) = x^2 \sin x - 2y^3$; |
| 3. $z(x, y) = 10y \operatorname{tg}(x^3 + 1) + \sin(x^2 - 10y)$; | 10. $z(x, y) = 10x^2 \cos^5 x - 2y^3$; |
| 4. $z(x, y) = 7e^{0,5x-1} x^3 - 4y^4$; | 11. $z(x, y) = x^6 - 3e^{0,7y} y^3$; |
| 5. $z(x, y) = \sin^2(x + 1) \cos y - 10y^{0,5x} e^x$; | 12. $z(x, y) = x^2 + y^2$; |
| 6. $z(x, y) = \sqrt{x} + \sin^2 y$; | 13. $z(x, y) = 5x^2 - y^3$; |
| 7. $z(x, y) = \ln[(x - 8)(y - 10)]$; | 14. $z(x, y) = \frac{x^2}{14} - \frac{y^2}{16}$. |

Тема 2. Работа с вычислительной техникой и прикладными программами, используемыми в профессиональной деятельности

2.1. Работа с программой MathCAD. Численные расчеты. Моделирование процессов

Цели темы:

- изучение методов численных расчетов с использованием библиотечных функций среды программирования;
- изучение методов математического моделирования процессов;
- изучение методов программирования в среде Mathcad;
- приобретение навыков оформления результатов исследования на ЭВМ.

Задание № 10. Программирование в Mathcad с использованием библиотечных тригонометрических функций.

При использовании явного метода, сигнал, заданный какой-либо функцией, моделируется путем обращения к встроенным функциям языка программирования (библиотечным функциям).

Данный тип заданий предназначен для приобретения навыка работы с численными методами расчетов на ЭВМ. На основе приведенного примера, необходимо написать программу в соответствии с вариантом, заданным преподавателем, которая набирается в Mathcad и помещается в отчет.

Для выполнения задания, необходимо вспомнить, что в общем виде гармонический закон имеет вид: $y(t) = A_m \sin(\omega t + \varphi_0)$, где $y(t)$ - значение изменяющейся величины в момент времени t , A_m - амплитуда колебания (в частном случае можно записать, как U_m - амплитуда напряжения или I_m - амплитуда силы тока), $\sin(\varphi)$ или $\cos(\varphi)$ - закон по которому изменяется физическая величина с течением времени t , $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ - циклическая частота, $f = \frac{1}{T}$, Гц - частота колебания, T , с - период колебания, t , с - время колебания, φ_0 , рад - начальная фаза колебания.

ДАНО: Низкая частота

$$\Omega := 2\pi \cdot 30 \quad 1/\text{с}$$

ПОСТРОИТЬ: НЧ сигнал

$$y(t) := \sin(\Omega t)$$

$$t := 0, 0,001 \dots \frac{1}{30}$$

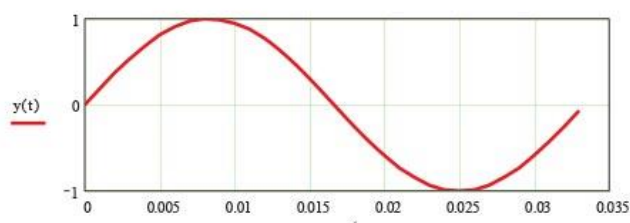


Рисунок 10 – Пример решения задания №10

Следует учитывать, что шаг дискретизации (Δt) по времени должен быть $\Delta t < \frac{1}{2f}$ ($f = 30$ Гц). Практика моделирования показывает, что неравенство должно выполняться со значительным запасом. В примере $\Delta t = 0,001$ с.

Дискретизация по времени - это процесс получения мгновенных значений преобразуемого аналогового сигнала с определенным временным шагом, называемым шагом дискретизации.

Варианты данных для выполнения Задания № 10:

- 1) $U_m = 5$ В, $f = 50$ Гц, $\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – sin;
- 2) $U_m = 2$ В, $T = 0,01$ с, $\varphi_0 = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – cos;
- 3) $U_m = 10$ В, $f = 100$ Гц, $\varphi_0 = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – sin;
- 4) $U_m = 11$ В, $T = 0,01$ с, $\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – cos;
- 5) $U_m = 8$ В, $f = 50$ Гц, $\varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – sin;
- 6) $U_m = 6$ В, $T = 0,02$ с, $\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – cos;
- 7) $U_m = 7$ В, $f = 100$ Гц, $\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – sin;
- 8) $U_m = 14$ В, $T = 0,01$ с, $\varphi_0 = -\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – cos;
- 9) $U_m = 3$ В, $f = 150$ Гц, $\varphi_0 = -\frac{3\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – sin;
- 10) $U_m = 13$ В, $T = 0,007$ с, $\varphi_0 = \frac{3\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – cos;
- 11) $U_m = 4$ В, $f = 100$ Гц, $\varphi_0 = -\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, закон – sin;

$$12) U_m = 17 \text{ В}, T = 0,02 \text{ с}, \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{закон} - \cos;$$

$$13) U_m = 9 \text{ В}, f = 150 \text{ Гц}, \varphi_0 = \frac{3\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{закон} - \sin;$$

$$14) U_m = 0,5 \text{ В}, T = 0,007 \text{ с}, \varphi_0 = -\frac{3\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{закон} - \cos.$$

Задание № 11. Программирование в Mathcad с использованием комплексных функций. Построить функцию $y(t) = \cos \omega t$.

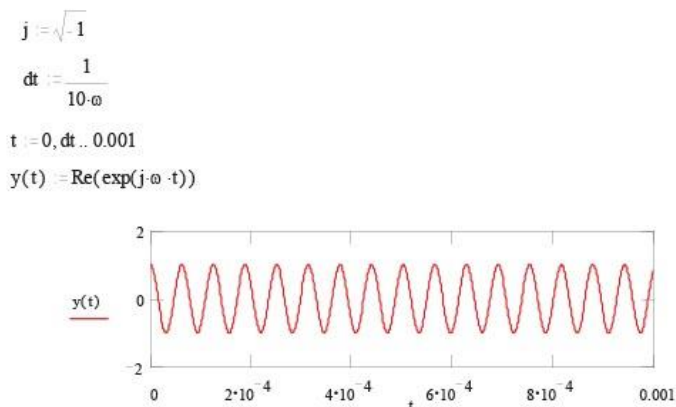


Рисунок 11 – Пример решения задания №11

Варианты данных для выполнения Задания № 11:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) $y(x) = x^2 + x + 1;$ | 2) $y(x) = x^3 + 6x + 2;$ |
| 3) $y(x) = x^3 + x^2 + 2x - 4;$ | 4) $y(x) = x^3 + 24x - 56;$ |
| 5) $y(x) = x^2 + 3x + 4;$ | 6) $y(x) = x^3 + 3x^2 - 3x - 1;$ |
| 7) $y(x) = x^3 - 27;$ | 8) $y(x) = x^3 + 9x - 26;$ |
| 9) $y(x) = x^3 - 4x^2 - 4x - 5;$ | 10) $y(x) = x^3 - 4x + 2;$ |
| 11) $y(x) = x^3 + 8x^2 + 15x + 18;$ | 12) $y(x) = x^3 + 18x + 15;$ |
| 13) $y(x) = x^3 - 6x + 9;$ | 14) $y(x) = x^3 + 6x^2 + 30x + 25.$ |

Задание № 12. Пример а). Программирование в Mathcad с использованием программных модулей. Изучить пример и построить сигнал в виде периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов. На основе приведенного примера, необходимо написать программу в соответствии с вариантом, заданным преподавателем, которая набирается в Mathcad и

помещается в отчет. Индивидуальные варианты приведены ниже, после примеров решения задания.

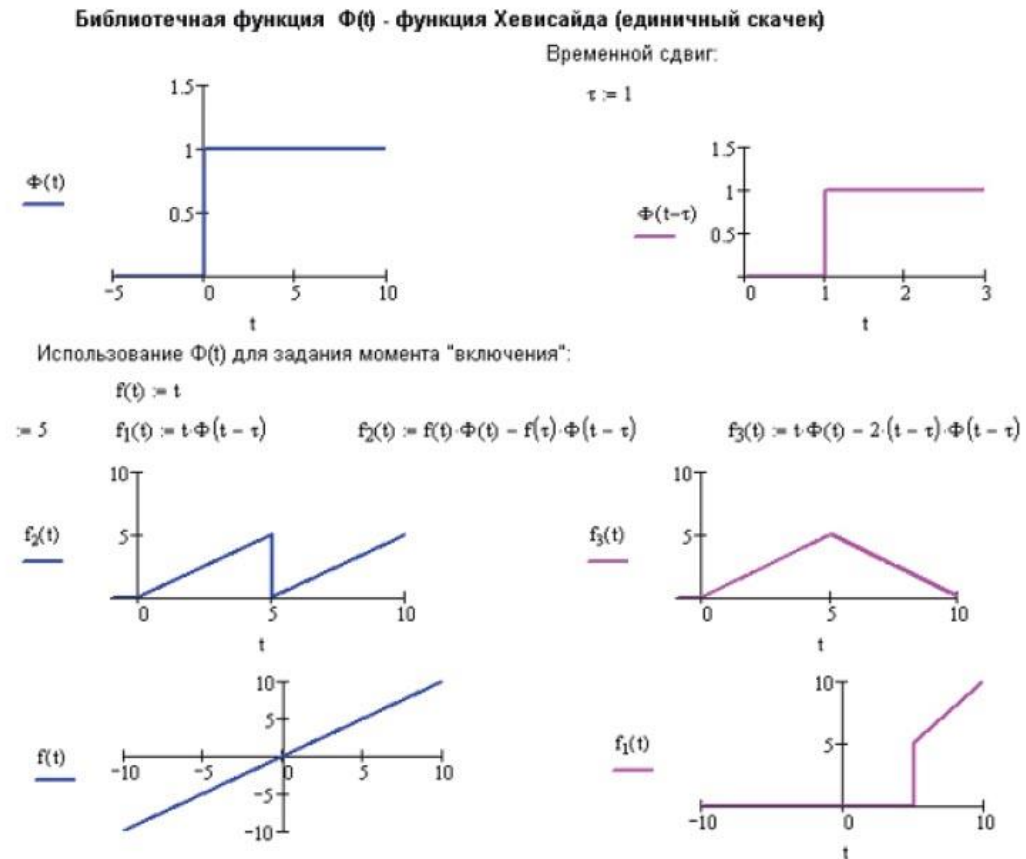


Рисунок 12 – Выполнение задания с использованием функции Хевисайда

Пример б). Использование циклов. Инструментальная панель Programming.

Дано: интервал времени 1 с, длительность импульса 0,1 с, скважность импульсов 2 (отношение периода повторения к длительности импульса).

Варианты: сигнал из двух и трех импульсов; сигнал в виде «меандра».

При выполнении задания с использованием циклов необходимо понимать, что:

- for k – цикл по параметру k;
- for i – цикл по параметру i.

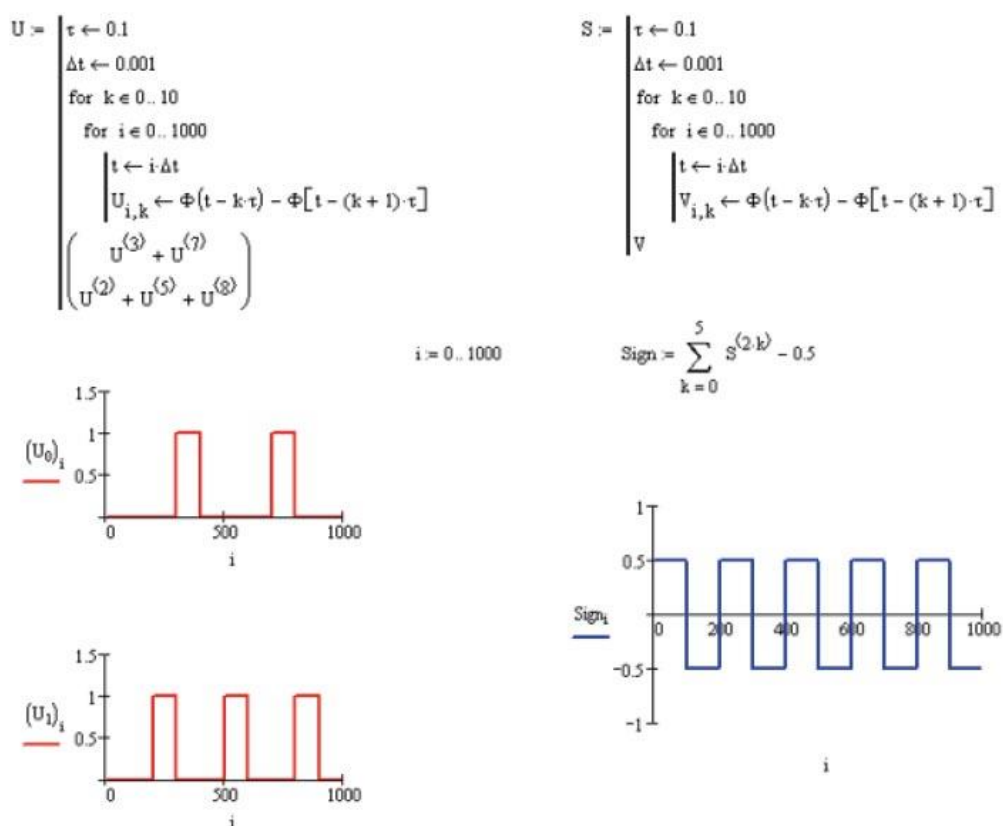


Рисунок 13 – Выполнение задания с использованием циклов по параметру и времени

Варианты данных для выполнения Задания № 12:

Вариант 1. Сигнал низкой частоты системы посадки ILS имеет вид:

$$U(t) = (1 + 0,5RGM) \sin(2\pi 90t) + (1 - 0,5RGM) \sin(2\pi 150t)$$

Построить модель радиосигнала ILS для значений варьируемого параметра – разности глубин модуляции $RGM = 0,01; 0,07; 0,155$. Моделируемый отрезок времени принять равным двум периодам сигнала частоты 90 Гц. Величину высокой частоты ω и глубину амплитудной модуляции выбрать самостоятельно.

Вариант 2. Импульс низкочастотного сигнала дальномерной системы DME имеет вид:

$$U(t) = \frac{\frac{-t^2}{e^{2\tau_n^2}}}{\tau_n \sqrt{2\pi}},$$

где τ_n – длительность импульса колоколообразной формы, измеренная по уровню 0,88.

Построить модель радиосигнала DME для значений варьируемого параметра – длительности импульса колоколообразной формы $\tau_n = 2, 4, 8$ с. Моделируемый отрезок времени принять равным двум периодам T импульсной последовательности со скважностью 2 (для наибольшей длительности импульса колоколообразной формы, измеренной по уровню 0,1). Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно.

Вариант 3. Сигнал низкой частоты имеет вид последовательности симметричных треугольных импульсов («пила»). Построить модель радиосигнала для значений варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_n = 2, 4, 8$ с. Моделируемый отрезок времени принять равным двум периодам импульсной последовательности при $T = 8$ с. Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно.

Вариант 4. Сигнал низкой частоты азимутальной системы VOR имеет вид:

$$U(t) = \sin(2\pi 30t + A) + \sin\left[2\pi\left(\frac{9960}{M}\right)t - \frac{480}{30}\cos(2\pi 30t)\right],$$

где A , рад – азимут; $M = 10$ – масштабный коэффициент.

Построить модель радиосигнала VOR для значений варьируемого параметра – азимута $A = 20, 40, 80$ град. Моделируемый отрезок времени принять равным одному периоду сигнала частоты 30 Гц. Величину высокой частоты ω и глубину амплитудной модуляции выбрать самостоятельно.

Вариант 5. Сигнал низкой частоты системы посадки СП-50 имеет вид:

$$U_{AM_ЧМ}(t) = m \sin(2\pi 60t) + m_1 \sin\left[2\pi\left(\frac{10000}{M}\right)t - \frac{1100}{60M_1}\cos(2\pi 60t)\right],$$

где m – коэффициент амплитудной модуляции, $m_1 = 0,4$; $M = 10$; $M_1 = 1,5$.

Построить модель радиосигнала СП-90 для значений варьируемого параметра – коэффициента амплитудной модуляции $m = 0,1; 0,2; 0,3$. Моделируемый отрезок времени принять равным одному периоду сигнала частоты 60 Гц. Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно.

Вариант 6. Сигнал низкой частоты имеет вид:

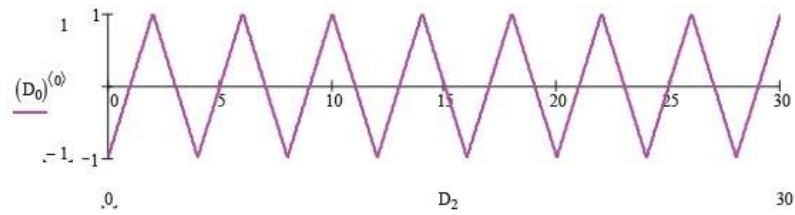


Рисунок 14 – Модель сигнала НЧ

Построить модель радиосигнала с амплитудной модуляцией.

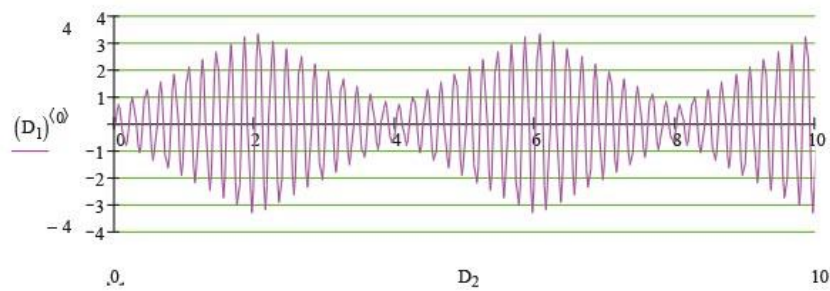


Рисунок 15 – Модель радиосигнала с АМ

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Амплитуда высокочастотного сигнала $U_0 = 2$ В. Коэффициент глубины амплитудной модуляции $m = 0,7$. Значения варьируемого параметра – длительности линейного роста или уменьшения амплитуды $\tau = 2, 4, 6$ с. Скорость изменения амплитуды $v_m = 1$ В/с. Моделируемый отрезок времени принять равным 30 с.

Вариант 7. Сигнал низкой частоты имеет вид:

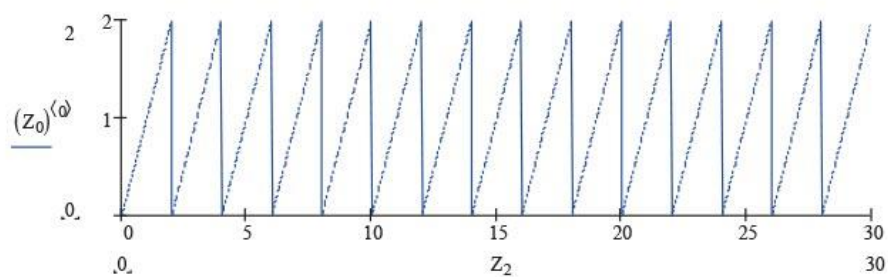


Рисунок 16 – Модель сигнала НЧ

Построить модель импульсного радиосигнала.

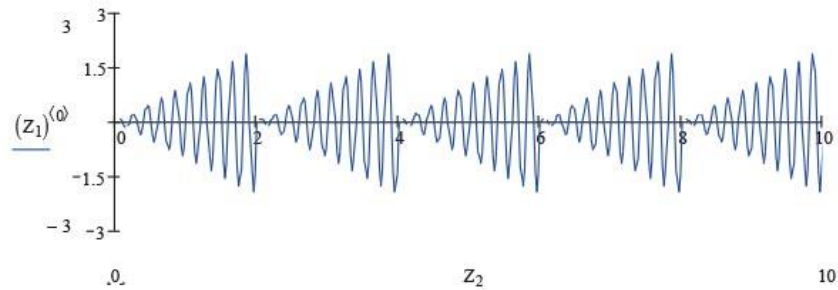


Рисунок 17 – Модель радиосигнала с АМ

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности линейного роста амплитуды $\tau = 2, 4, 6$ с. Скорость изменения амплитуды $v_m = 1$ В/с. Моделируемый отрезок времени принять равным 30 с.

Вариант 8. Сигнал низкой частоты имеет вид:

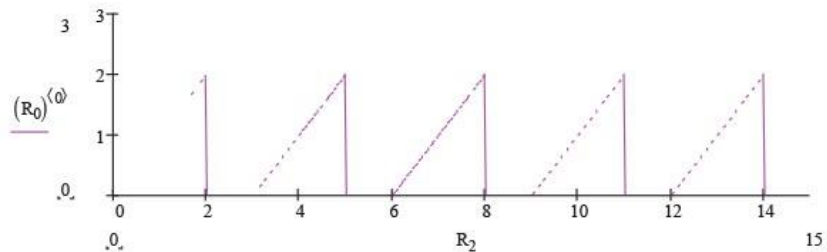


Рисунок 18 – Модель сигнала НЧ

Построить модель импульсного радиосигнала.

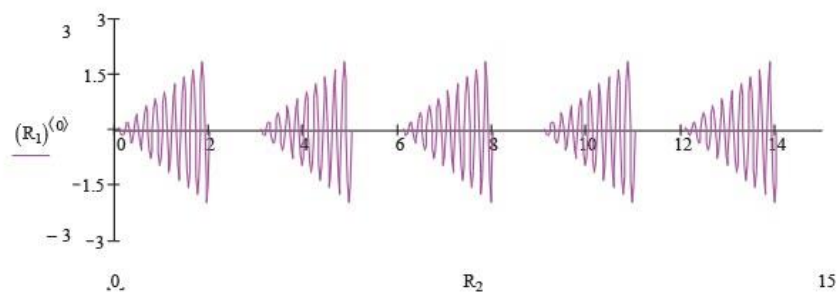


Рисунок 19 – Модель импульсного радиосигнала

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности линейного роста амплитуды $\tau = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Скорость изменения амплитуды $v_m = 1$ В/с. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала.

Вариант 9. Сигнал низкой частоты имеет вид:

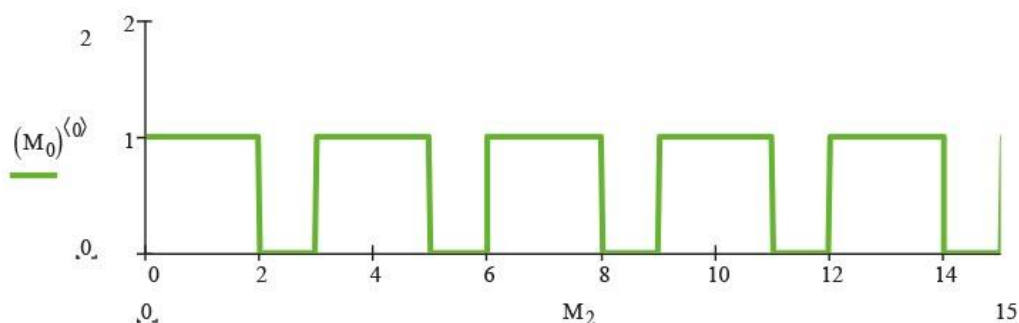


Рисунок 20 – Модель сигнала НЧ

Построить модель импульсного радиосигнала.

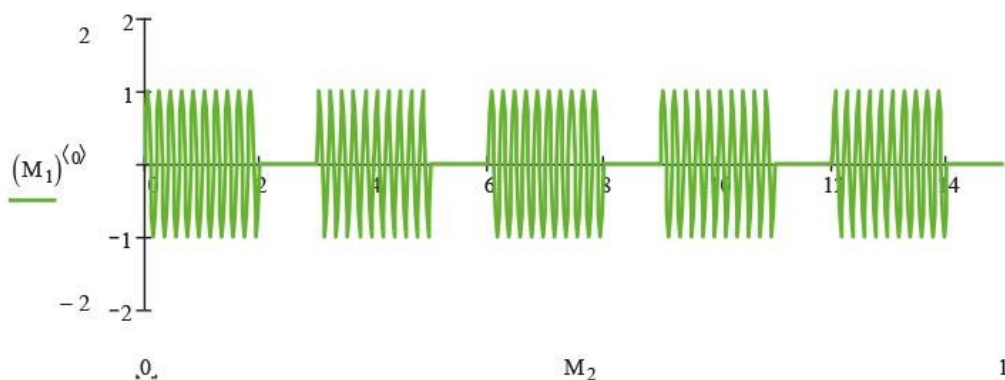


Рисунок 21 – Модель импульсного радиосигнала

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_n = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала.

Вариант 10. Сигнал низкой частоты имеет вид:

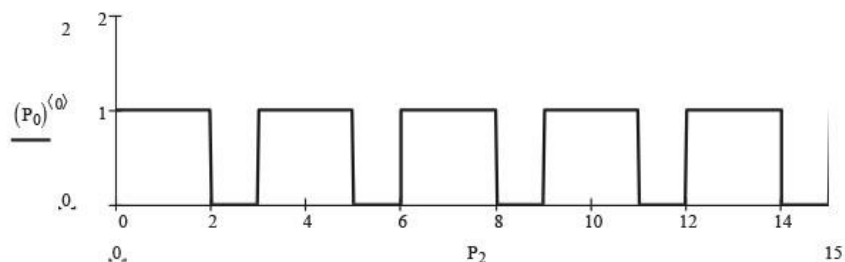


Рисунок 22 – Модель сигнала НЧ

Построить модель импульсного радиосигнала с частотной модуляцией ВЧ сигнала.

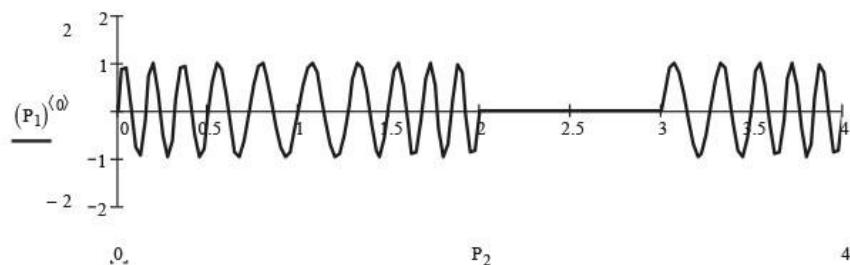


Рисунок 23 – модель импульсного радиосигнала с ЧМ ВЧ сигнала

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Закон модуляции высокой частоты – гармонический с периодом 2 с. Девияция частоты (Δf) в 3 раза больше частоты модулирующего гармонического сигнала. Значения варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_{\text{и}} = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала.

Вариант 11. Сигнал низкой частоты имеет вид:

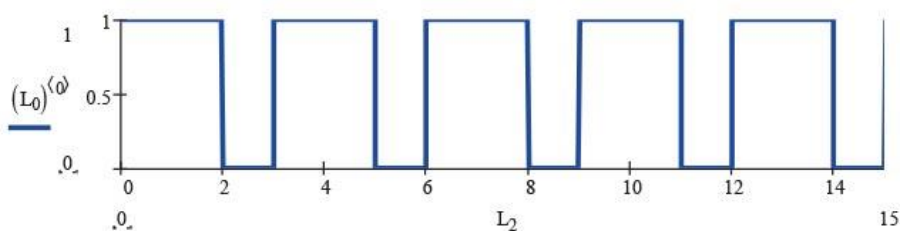


Рисунок 24 – Модель сигнала НЧ

Построить модель импульсного радиосигнала с фазовой манипуляцией ВЧ сигнала – с отличием фазы в соседних импульсах на 180° .

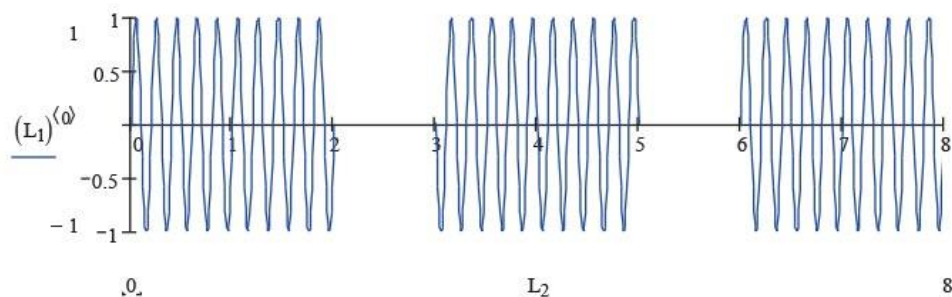


Рисунок 25 – Модель импульсного радиосигнала с ФМ ВЧ сигнала

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_{\text{и}} = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала.

Вариант 12. Сигнал низкой частоты имеет вид кода азбуки Морзе.

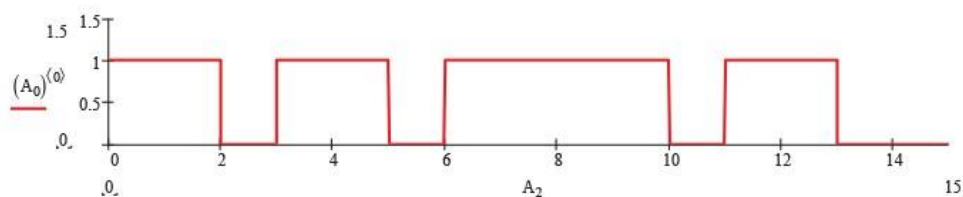


Рисунок 26 – Модель сигнала НЧ в виде кода азбуки Морзе

Построить модель импульсного радиосигнала.

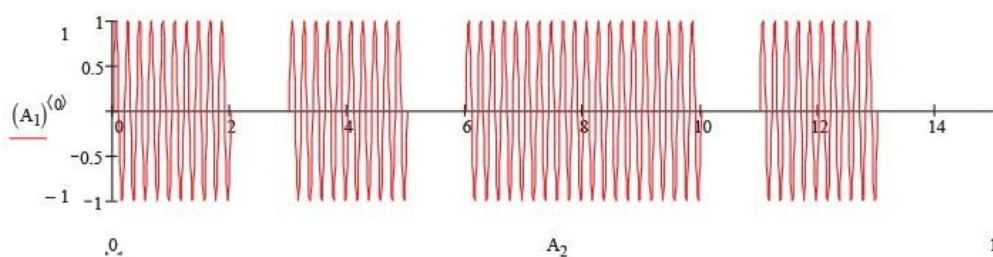


Рисунок 27 – Модель импульсного радиосигнала

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности импульса «точки» $\tau_{\text{итчк}} = 2, 4, 6$ с, длительности импульса «тире» $\tau_{\text{итир}} = 2T$. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала вида «точки».

Вариант 13. Сигнал низкой частоты имеет вид (код 10101):

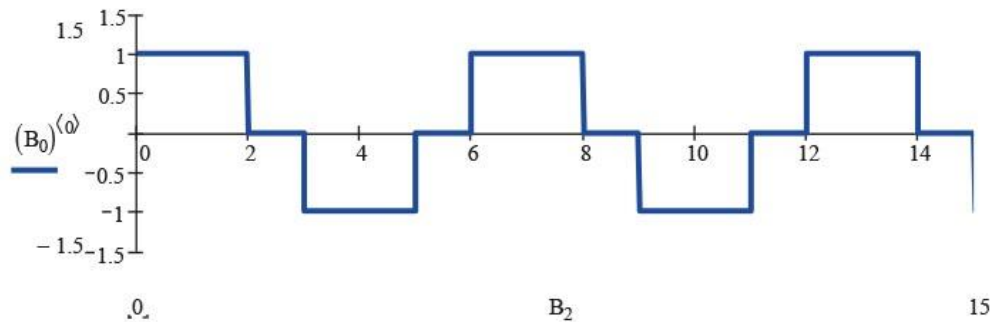


Рисунок 28 – Модель сигнала НЧ в виде заданного кода

Построить модель импульсного радиосигнала с отличием фазы «1» и «0» на 180° .

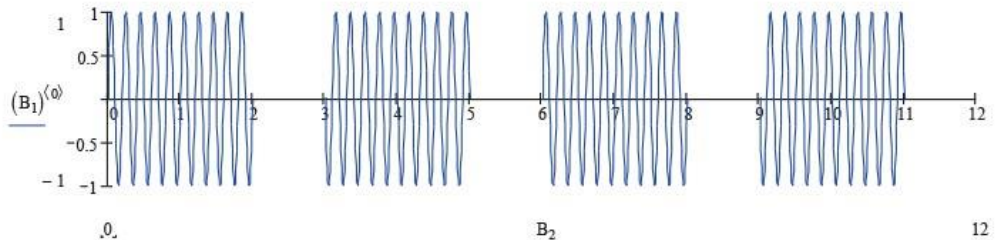


Рисунок 29 – Модель импульсного радиосигнала с отличием фазы на 180°

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_{\text{и}} = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала вида «1» (или «0»).

Вариант 14. Сигнал низкой частоты имеет вид (кода 11001):

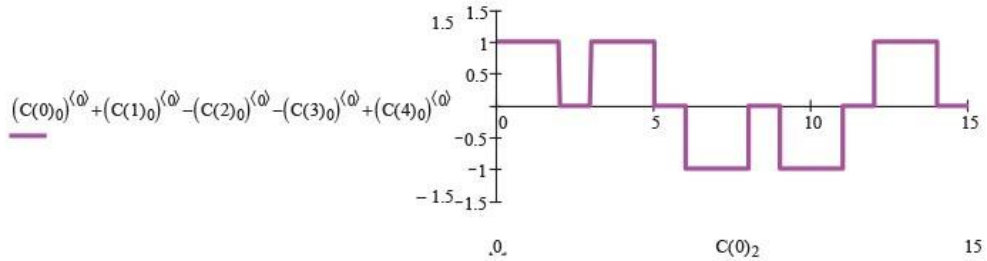


Рисунок 30 – Модель сигнала НЧ в виде заданного кода

Построить модель импульсного радиосигнала с отличием фазы «1» и «0» на 180° .

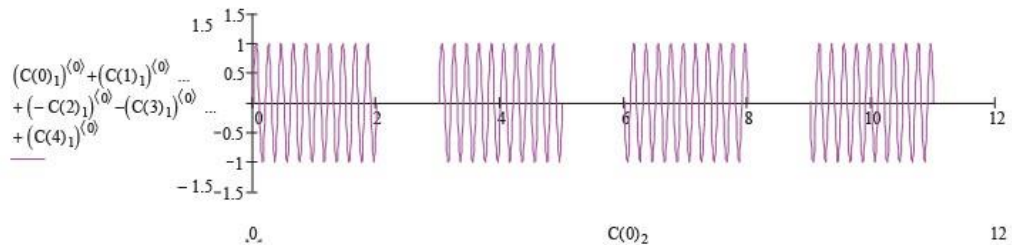


Рисунок 31 – Модель импульсного радиосигнала с отличием фазы на 180°

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_{\text{и}} = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала вида «1» (или «0»).

Примечание. Удобно использовать программу для одного произвольно расположенного импульса $C(t)$, где t положение импульса (номер периода НЧ сигнала вида «1» или «0»).

Вариант 15. Сигнал низкой частоты имеет вид последовательности треугольных импульсов (код 10001):

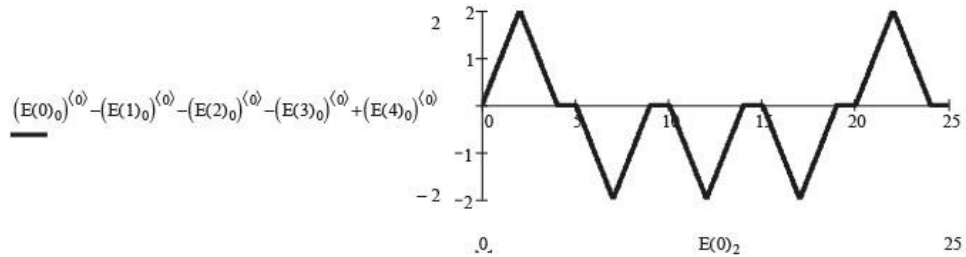


Рисунок 32 – Модель сигнала НЧ в виде заданного кода

Построить модель импульсного радиосигнала с отличием фазы «1» и «0» на 180° .

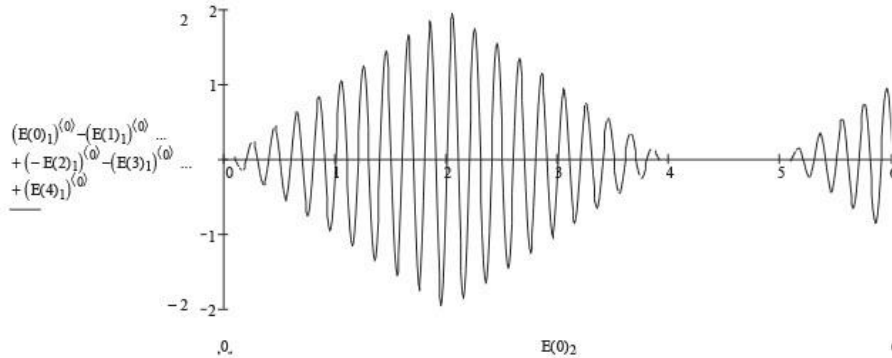


Рисунок 33 – Модель импульсного радиосигнала с отличием фазы на 180°

Величину высокой частоты ω выбрать самостоятельно. Значения варьируемого параметра – длительности импульса $\tau_{\text{и}} = 2, 4, 6$ с. Время паузы $T_1 = \frac{T}{2}$. Моделируемый отрезок времени принять равным пяти периодам НЧ сигнала вида «1» (или «0»).

Примечание. Удобно использовать программу для одного произвольно расположенного импульса $E(t)$, где t положение импульса (номер периода НЧ сигнала вида «1» или «0»).

Задание № 13. Решение дифференциальных уравнений. Расчет реакции системы.

Задание знакомит с методом решения дифференциальных уравнений на ЭВМ в среде программирования Mathcad. На основе приведенного примера, необходимо написать программу в соответствии с вариантом, заданным преподавателем, которая набирается в Mathcad и помещается в отчет.

Одним из путей исследования систем является способ, который используя схему системы приводит к решению дифференциальных уравнений.

Представим дифференциальное уравнение первого порядка в следующем виде:

$$y' = f(u, t),$$

где y – искомый сигнал (выход системы); u – входное воздействие. Пусть $y(u, t_0) = y_0$ — начальное условие его решения. Тогда решением уравнения является функция $y = \varphi(t)$, которая, будучи подставленной в исходное уравнение, обратит его в тождество и одновременно будут выполняться начальные условия. Эта задача в математике называется *задачей Коши*.

Задача Коши при решении дифференциального уравнения n –го порядка:

$$y^{(n)} = f(u, y, y', \dots, y^{(n-1)}).$$

Формулируются аналогично, при этом должны быть удовлетворены следующие n начальных условий:

$$\begin{aligned} y(t_0) &= y_0, \\ y'(t_0) &= y'_0, \\ &\dots\dots\dots \\ y^{(n-1)}(t_0) &= y_0^{(n-1)}. \end{aligned}$$

Пример задачи:

Пусть исследуется система, состоящая из нескольких последовательно включенных звеньев. Заданы передаточные функции W_i каждого звена – отношения сигналов на их выходах и входах. Входное воздействие на исследуемую систему – $u(t)$.

Этапы решения задачи моделирования.

1. Находим общую передаточную функцию системы $W_\Sigma = \frac{y}{u}$, как произведение передаточных функций W_i каждого звена. Передаточная функция $W_\Sigma(s)$ в большинстве задач имеет вид дроби с полиномами по степеням s^n в числителе и знаменателе. Полином в знаменателе для устойчивой системы имеет действительные отрицательные корни или комплексные с отрицательной действительной частью.

2. Составляем дифференциальное уравнение системы: заменяем аргумент s в форме записи $W_\Sigma(s)$, на p ($p = \frac{d}{dt}$ – оператор дифференцирования) и освобождаемся от знаменателя в уравнении $y = W_\Sigma(p)u$.

3. Находим выходной сигнал всей системы $y(t)$ на входное воздействие $u(t)$, используя библиотечную функцию Mathcad для решения дифференциального уравнения.

Пример 1. Имеется цепь, состоящая из двух звеньев:

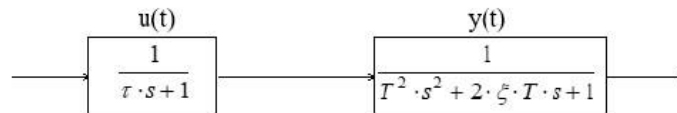


Рисунок 34 – Пример цепи из двух звеньев

Зададим параметры каждого звена:

- для первого звена: $\tau = 0,33$;
- для второго звена: $T = 1, \xi = 0,4$.

Находим общую передаточную функцию системы $W_\Sigma = \frac{y}{u}$, как произведение передаточных функций W_i каждого звена:

$$W_\Sigma(s) = \frac{1}{(33s^3 + 1,264s^2 + 1,13s + 1)},$$

Дифференциальное уравнение:

$$y(t) = W_\Sigma(p) u(t),$$

где $p = \frac{d}{dt}$.

Подставим в дифференциальное уравнение передаточную функцию с заменой $s \rightarrow p$ и освободимся от знаменателя. Учитываем, что $s^2 \rightarrow p^2 = \frac{d^2}{dt^2}$, $s^3 \rightarrow p^3 = \frac{d^3}{dt^3} \dots$ – операторы второй производной, третьей производной и т.д. Тогда:

$$0.33y''' + 1.264y'' + 1.13y' + y = u.$$

Пусть $u = x_0 \rightarrow x_0 = 2$

Начальные условия:

$$y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} \leftarrow \text{искомая переменная (элемент вектора } y_0) \\ \leftarrow \text{1-я производная (элемент вектора } y_1) \\ \leftarrow \text{2-я производная (элемент вектора } y_2) \end{array}$$

Вектор производных:

$$D(t, y) = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \frac{1}{0.33} \cdot (-1.264 \cdot y_2 - 1.13 \cdot y_1 - 1 \cdot y_0 + x_0) \end{bmatrix}$$

Решение на интервале $[0 \ 30]$:

Шаг $dt = 30/N$; $N = 100$

$Z := \text{rkfixed}(y, 0, 30, 100, D)$

Столбцы матрицы:

	t	y(t)	y'(t)	y''(t)
Z =	0	0	0	0
	1	0.3	0.010	0.191
	2	0.6	0.126	0.527
	3	0.9	0.331	0.832
	4	1.2	0.614	1.038
	5	1.5	0.943	1.132

i := 0..100

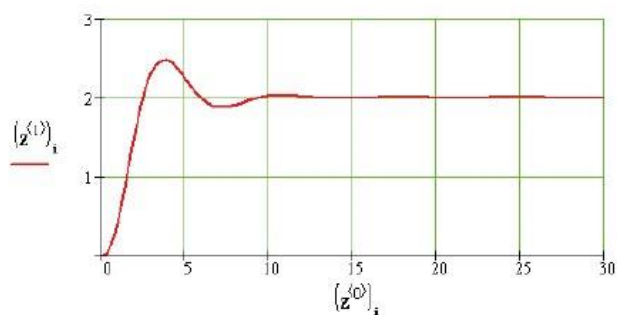


Рисунок 35 – Пример решения задания в Mathcad

Пример 2.

Колебательное звено - полином в знаменателе передаточной функции имеет два комплексно-сопряженных корня.

$$j := \sqrt{-1}$$

Комплексно-сопряженные корни:

$$s1 := -0.01 + j \cdot 0.8 \quad s2 := -0.01 - j \cdot 0.8$$

Полином в знаменателе передаточной функции:

$$(s - s1) \cdot (s - s2) \text{ complex} \rightarrow s^2 + 2 \cdot 10^{-2} \cdot s + .6401$$

Передаточная функция:

$$a := 0.02$$

$$b := 0.64$$

$$W(s) := \frac{b}{s^2 + a \cdot s + b}$$

Входное воздействие:

$$\omega := 1.05 \cdot \sqrt{b}$$

$$u(t) := \sin(\omega \cdot t)$$

Дифференциальное уравнение:

$$y = Wu \rightarrow y'' + a y' + b y = b u$$

Начальные условия:

$$y := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

<--- переменная (элемент вектора y_0)

<--- ее 1-я производная (элемент вектора y_1)

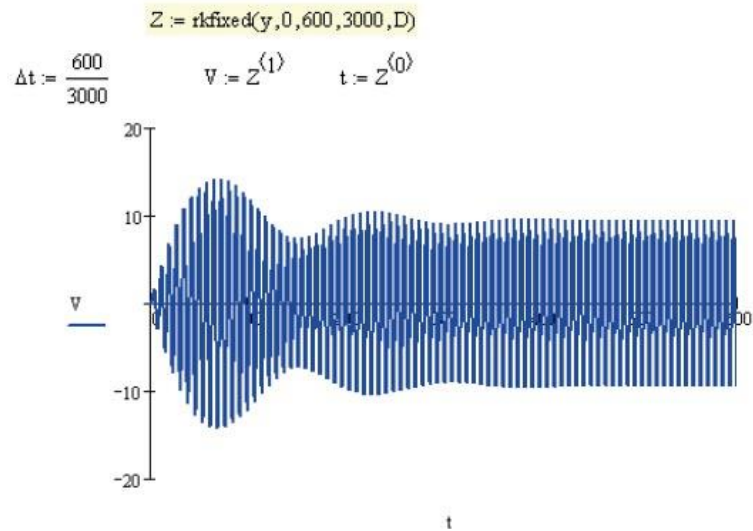
$$D(t, y) := \begin{pmatrix} y_1 \\ -a \cdot y_1 - b \cdot y_0 + b \cdot u(t) \end{pmatrix}$$

<--- 1-я производная

<--- 2-я производная

Рисунок 36 – Пример описания задания в Mathcad

Решение:



Программа нахождения вектора амплитуд АМ сигнала:

$N := \text{floor}\left(\frac{2 \cdot \pi}{\omega \cdot \Delta t}\right)$ <--- число точек на периоде ВЧ сигнала $N = 37$

$i_{\max} = 3000$ <--- максимальный номер элемента вектора ВЧ сигнала

$i_{\max} + 1 = 3.001 \times 10^3$ <--- общее число точек

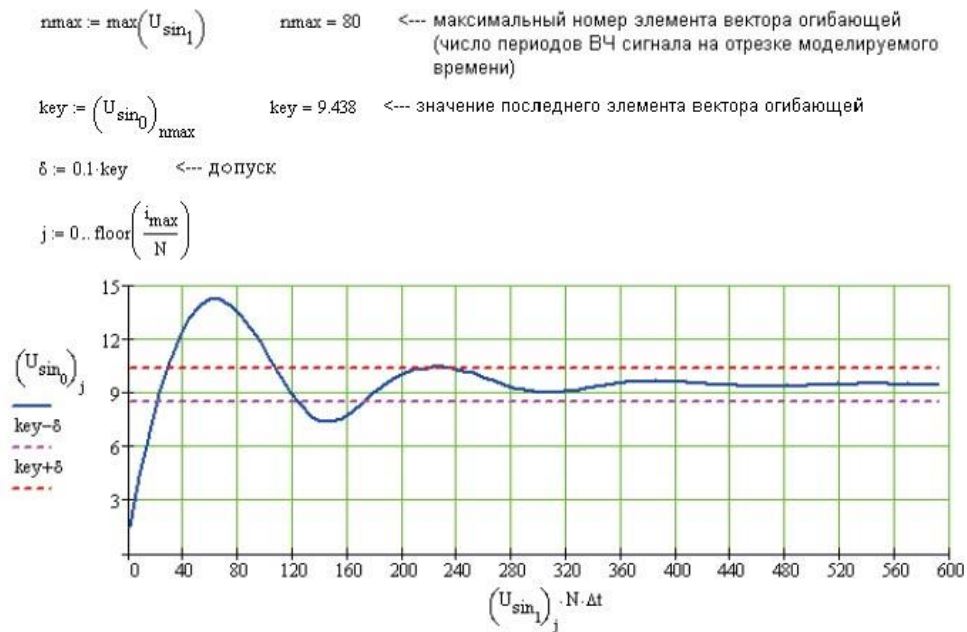
$\text{MaxSin}(V, N, i_{\max}) := \left(\begin{array}{l} \text{for } j \in 0.. \text{floor}\left(\frac{i_{\max}}{N}\right) - 1 \\ \quad \left| \begin{array}{l} n_j \leftarrow j \\ U_j \leftarrow V_{N \cdot j} \\ \text{for } i \in N \cdot j.. N \cdot (j+1) \\ \quad U_j \leftarrow V_i \text{ if } V_i \geq U_j \end{array} \right. \\ \quad \left(\begin{array}{l} U \\ n \end{array} \right) \end{array} \right)$

$U_{\sin} = \text{MaxSin}(V, N, i_{\max})$

$(U_{\sin_0})_j$ <--- элемент вектора огибающей (амплитуды АМ сигнала на каждом периоде ВЧ сигнала)

$(U_{\sin_1})_j$ <--- номер элемента вектора огибающей

Рисунок 37 – Пример решения задания в Mathcad



Программа нахождения индексов элементов вектора по условию "элемент равен заданному значению с допуском"

M - вектор;
 key - заданное значение;
 δ - допуск.

```

FindIndexDelta(M, key, delta) :=
  r ← rows(M) - 1
  i ← r
  while [Mi > (key - delta)] ∧ [Mi < (key + delta)]
    i ← i - 1 if i > 0
  i
  
```

$Index := \text{FindIndexDelta}(U_{\sin 0}, key, \delta)$ <--- номер точки огибающей, не выходящей за допуск

$Index = 31$

$Index_{ust} := Index \cdot N$ <--- номер точки вектора t (оси времени) $Index_{ust} = 1.147 \times 10^3$

$t_{ust} := Index_{ust} \cdot \Delta t$ <--- время установления

$t_{ust} = 229.4$

Рисунок 38 – Пример решения задания в Mathcad (продолжение)

Задание для самостоятельного выполнения.

Составить и решить дифференциальное уравнение, описывающее заданную систему.

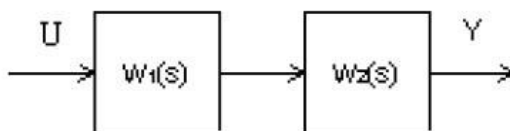


Рисунок 39 – Модель системы для выполнения самостоятельного задания

Таблица 3 – Варианты данных для выполнения Задания № 13

№	$U(t)$	$W_1(s)$	$W_2(s)$
1	X_0	$\frac{1}{1 + sT_1}$	$\frac{1}{1 + sT_2}$
2	V_t	$\frac{1 + sT}{1 + sT_1}$	$\frac{1}{1 + sT_2}$
3	X_0	$\frac{1}{[(1 + sT_1)(1 + sT_2)]}$	$\frac{1}{1 + sT_3}$
4	V_t	$\frac{c}{(as^2 + bs + c)}$ – с действительными корнями	$\frac{1}{1 + sT}$
5	X_0	$\frac{c}{(as^2 + bs + c)}$ – с комплексными корнями	$\frac{1}{1 + sT}$
6	X_0	$\frac{c}{(as^2 + bs + c)}$ – с действительными корнями	$\frac{1}{1 + sT}$
7	V_t	$\frac{K_s}{(s^2 + as + b)}$ – с действительными корнями	$\frac{1}{1 + sT}$
8	at^2	$\frac{s^2 + 1}{[(1 + sT_1)(1 + sT_2)]}$	$\frac{1}{1 + sT_3}$
9	at^2	$\frac{(1 + sT)}{(1 + sT_1)}$	$\frac{1}{1 + sT_2}$
10	$\sin(\omega t)$	$\frac{1}{[(1 + sT_1)(1 + sT_2)]}$	$\frac{1}{1 + sT_3}$

2.2. Работа с программой Scilab.

2.2.1. Массивы и матрицы в Scilab. Решение задач линейной алгебры

Задание № 14. Решить систему линейных алгебраических уравнений, сделать проверку. Вариант задается преподавателем.

$$\begin{array}{ll}
 1. \begin{cases} -x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = 2; \\ 3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 = -8; \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 - x_4 = -12; \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 - x_4 = 8. \end{cases} & 8. \begin{cases} -x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 12; \\ 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 13; \\ 1,5x_1 + x_2 + 0,5x_3 + x_4 = 7; \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 = 15. \end{cases} \\
 2. \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = -6; \\ x_1 + x_2 - 2x_3 - 3x_4 = -8; \\ 3x_1 - 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4; \\ 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 = 8. \end{cases} & 9. \begin{cases} -2x_1 - x_2 + 3x_3 + 2x_4 = 40; \\ -x_1 + x_2 + x_3 + 0,6667x_4 = 20; \\ -3x_1 - x_2 - x_3 + 2x_4 = 60; \\ -3x_1 - x_2 + 3x_3 - x_4 = 60. \end{cases} \\
 3. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 5; \\ 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 1; \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 = 1; \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -5. \end{cases} & 10. \begin{cases} 3x_1 - 6x_2 - 3x_3 + 3x_4 = 8; \\ 2x_1 - x_2 + x_3 + x_4 = 5; \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = -1; \\ x_1 - x_2 - x_3 + 3x_4 = 10. \end{cases} \\
 4. \begin{cases} 0,1x_1 + 0,5x_2 + 0,3x_3 - 0,4x_4 = \\ 0,3x_1 + 0,1x_2 - 0,2x_3 = 0,9; \\ 0,5x_1 - 0,7x_2 + 1x_4 = -0,9; \\ 0,3x_2 - 0,5x_3 = 0,1. \end{cases} & 11. \begin{cases} 20x_1 + 5x_2 + 5x_4 = -9; \\ x_1 - 3x_2 + 4x_3 = -7; \\ 3x_2 - 2x_3 - 4x_4 = 12; \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 3x_4 = 10. \end{cases} \\
 5. \begin{cases} 10x_2 + 30x_3 + 40x_4 = -50; \\ 10x_1 + 20x_3 + 30x_4 = -40; \\ 30x_1 + 20x_2 - 50x_4 = 120; \\ 40x_1 + 30x_2 + 50x_3 = 50. \end{cases} & 12. \begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 + x_4 = 11; \\ x_1 + 3x_2 + 5x_3 + 7x_4 = 12; \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 + x_4 = 0; \\ -5x_1 - 7x_2 - x_3 - 3x_4 = -4. \end{cases} \\
 6. \begin{cases} 0,3x_1 + x_2 + 1,67x_3 - 2,3x_4 = 4; \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 - x_4 = 0; \\ 5x_1 + 7x_2 + x_3 - 3x_4 = 4; \\ 7x_1 + x_2 + 3x_3 - 5x_4 = 16. \end{cases} & 13. \begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 11; \\ 2x_1 + x_2 - 3x_4 = 2; \\ 3x_1 + x_3 + x_4 = -3; \\ 4x_1 - 4x_2 - 4x_3 + 10x_4 = 7. \end{cases} \\
 7. \begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 + x_4 = 8; \\ 0,333x_1 - x_2 - 2x_4 = 3; \\ 2x_2 + x_3 + 2x_4 = -5; \\ x_1 + 4x_2 + 7x_3 + 6x_4 = 0. \end{cases} & 14. \begin{cases} 2x_1 + x_3 + 4x_4 = 19; \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 = 18; \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 15; \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 15. \end{cases}
 \end{array}$$

Задание № 15. Если возможно, вычислить матрицу, обратную к матрице D. Вариант задается преподавателем.

$$1. D = 2(A^2 + B)(2B - A), \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 & -1 \\ 4 & 5 & 2 \\ -1 & 0 & 7 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 5 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & -2 & 4 \end{pmatrix};$$

$$3. D = 3A^2 - (A + 2B)B, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 5 & -2 \\ 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 7 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & 3 \\ 5 & 7 & 3 \end{pmatrix};$$

$$5. D = 2(A - B)(A^2 + B), \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 7 \\ -10 & -2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \\ 7 & 2 & 1 \end{pmatrix};$$

$$7. D = (A^2 - B^2)(A + B^2), \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 7 & 2 & 0 \\ -7 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & -2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$9. D = 2A - (A^2 + B)B, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & -2 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 4 & 6 & -2 \\ 4 & 10 & 1 \\ 2 & 4 & -5 \end{pmatrix};$$

$$11. D = (A - B)A^2 + 3B, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 2 & -5 \\ 4 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 4 \\ 0 & 3 & 2 \\ -1 & -3 & 4 \end{pmatrix};$$

$$13. D = 2A^3 + 3B(AB - 2A), \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 2 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \\ -3 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$2. D = 3A - (A + 2B)B^2, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 5 & -2 \\ 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 7 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & 3 \\ 5 & 7 & 3 \end{pmatrix};$$

$$4. D = (A - B^2 2)(2A + B^3), \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 0 \\ 10 & 4 & 1 \\ 7 & 3 & 2 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 3 & 6 & -1 \\ -1 & -2 & 0 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix};$$

$$6. D = (A - B)^2 A + 2B, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 5 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & -1 \\ -2 & -1 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 3 & 7 & -2 \\ 1 & 1 & -2 \\ 0 & 1 & 3 \end{pmatrix};$$

$$8. D = 2(A - B)(A^2 + B), \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 7 \\ -10 & -2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \\ 7 & 2 & 1 \end{pmatrix};$$

$$10. D = 2(A - 0,5B) + A^3 B, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 3 & -1 \\ 2 & 0 & 4 \\ 3 & 5 & -1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 16 \\ -3 & -2 & 0 \\ 5 & 7 & 2 \end{pmatrix};$$

$$12. D = 3(A^2 + B^2) - 2AB, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 1 \\ 3 & -2 & 0 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 2 \\ 5 & -7 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix};$$

$$14. D = A(A^2 - B) - 2(B + A)B, \text{ где}$$

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ -1 & 2 & 4 \\ 5 & 3 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 7 & 13 \\ -1 & 0 & 5 \\ 5 & 13 & 21 \end{pmatrix};$$

2.2.2. Построение графиков функций в Scilab

Задание № 16. Постройте двумерный график функции $f(x)$. Вариант задается преподавателем.

$$1. f(x) = \frac{1,2x^3 + x^2 - 2,8x - 1}{x^2 - 1};$$

$$2. f(x) = \frac{1,9x^3 - 2,8x^2 - 1,9x + 1}{3x^2 - 1};$$

$$3. f(x) = \frac{2x^2 - 5}{\sqrt{x^2 - 2}};$$

$$8. f(x) = \sqrt[3]{x^2(x - 4,7)};$$

$$9. f(x) = \sqrt[3]{(x + 5)^2} - \sqrt[3]{(x - 7)^2};$$

$$10. f(x) = \sqrt[3]{(x^2 - x - 2)^2};$$

$$4. f(x) = \frac{4,1x^3 - 3,25x}{4x^4 - 1};$$

$$5. f(x) = \frac{x^2 - 11,5}{4x - 3};$$

$$6. f(x) = \frac{2,3x^2 - 7}{\sqrt{3x^2 - 4}};$$

$$7. f(x) = \sqrt[3]{(x - 4,5)^2(x + 2)};$$

$$11. f(x) = \sqrt[3]{x^2(x + 3,5)^2};$$

$$12. f(x) = \sqrt[3]{(x + 5)^2} - \sqrt[3]{x - 1};$$

$$13. f(x) = \sqrt[3]{(3,5 + x)(x^2 + 6x + 6)};$$

$$14. f(x) = \sqrt[3]{(4 + x)(x^2 + 2x + 1)}.$$

Задание № 17. Изобразите график функции в полярных координатах. Вариант задается преподавателем.

$$1. \rho(\varphi) = -2\operatorname{ctg}\varphi;$$

$$2. \rho(\varphi) = 2\cos 6\varphi;$$

$$3. \rho(\varphi) = 2^\varphi + 1;$$

$$4. \rho(\varphi) = 2\sqrt{\cos 2\varphi};$$

$$5. \rho(\varphi) = 3\varphi + 2;$$

$$6. \rho(\varphi) = 3\varphi^2 + \varphi;$$

$$7. \rho(\varphi) = 2\sin 6\varphi;$$

$$8. \rho(\varphi) = 3^\varphi;$$

$$9. \rho(\varphi) = 2\operatorname{tg} 3\varphi;$$

$$10. \rho(\varphi) = \frac{1}{\cos \frac{3}{\varphi}};$$

$$11. \rho(\varphi) = \frac{2}{\sin \varphi} + 3;$$

$$12. \rho(\varphi) = 5\sin^2 \frac{\varphi}{3};$$

$$13. \rho(\varphi) = \frac{2}{\sin \varphi} + 1;$$

$$14. \rho(\varphi) = 5\sin \frac{\varphi}{3}.$$

Задание № 18. Построить трехмерный график, заданный системой уравнений. Вариант задается преподавателем.

$$\begin{cases} x = \cos(u)u \left(1 + \cos \frac{(v)}{2}\right); \\ y = \frac{u}{2} \sin(v); \\ z = (\sin(u)u) \left(1 + \cos \frac{(v)}{2}\right). \end{cases}$$

при помощи функции *plot3d2*.

$$1. 0 \leq u \leq 2\pi, 0 \leq v \leq 2\pi;$$

$$2. 0 \leq u \leq 2\pi, 0 \leq v \leq 8\pi;$$

$$8. 0 \leq u \leq 8\pi, 0 \leq v \leq 8\pi;$$

$$9. 0 \leq u \leq 4\pi, 0 \leq v \leq 6\pi;$$

3. $0 \leq u \leq 2\pi, 0 \leq v \leq 4\pi$; 10. $0 \leq u \leq 72\pi, 0 \leq v \leq 72\pi$;
 4. $0 \leq u \leq 8\pi, 0 \leq v \leq 2\pi$; 11. $0 \leq u \leq 2\pi, 0 \leq v \leq 5\pi$;
 5. $0 \leq u \leq 4\pi, 0 \leq v \leq 42\pi$; 12. $0 \leq u \leq 4\pi, 0 \leq v \leq 78\pi$;
 6. $0 \leq u \leq 8\pi, 0 \leq v \leq 4\pi$; 13. $0 \leq u \leq 3\pi, 0 \leq v \leq 8\pi$;
 7. $0 \leq u \leq 2\pi, 0 \leq v \leq 36\pi$; 14. $0 \leq u \leq 2\pi, 0 \leq v \leq 32\pi$;

Задание № 19. Изобразить линии, заданные параметрически. Вариант задается преподавателем.

$$\begin{cases} x(t) = \sin(t); \\ y(t) = \sin(2t); \\ z(t) = \frac{t}{5}. \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} x(t) = \cos(t); \\ y(t) = \cos(2t); \\ z(t) = \sin(t). \end{cases}$$

с помощью функции *param3d*.

Таблица 4 – Варианты данных для выполнения Задания № 19

№	t	№	t	№	t
1	$[0; 7\pi]$	6	$[\frac{\pi}{2}; 7\pi]$	11	$[0; 4\pi]$
2	$[\pi; 4\pi]$	7	$[0; 5\pi]$	12	$[\frac{3\pi}{2}; 7\pi]$
3	$[\frac{\pi}{2}; 5\pi]$	8	$[2\pi; 9\pi]$	13	$[\pi; 8\pi]$
4	$[2\pi; 8\pi]$	9	$[0; 2\pi]$	14	$[\frac{\pi}{2}; 6\pi]$
5	$[\frac{3\pi}{2}; 9\pi]$	10	$[\pi; 7\pi]$	15	$[0; 9\pi]$

2.2.3. Нелинейные уравнения и системы

Задание № 20. Найти корни полиномов. Вариант задается преподавателем.

1. $1,1x^4 - x - 0,9 = 0$
 $x^3 + x - 4 = 0$

8. $1,05x^4 - 17x^2 + 6 = 0$
 $2x^3 - 0,35x^2 + 0,85x + 1 = 0$

2. $2x^4 - x - 1,5 = 0$

$3x^3 - 5x^2 + 9x - 10 = 0$

3. $2x^4 - 9,25x^2 - 63x + 5 = 0$

$3x^3 - 21x + 2 = 0$

4. $0,9x^4 + 4,2x^3 - 8,5x^2 - 13 = 0$

$5x^3 + 13x - 11 = 0$

5. $3x^4 + 4x^3 - 12x^2 - 5 = 0$

$x^3 + 2x^2 + 2 = 0$

6. $3,2x^4 + 7,75x^3 + 6,3x^2 - 10,5 = 0$

$2x^3 + 0,48x^2 + 1,6x - 2,6 = 0$

7. $2x^4 - 3x^2 - 5 = 0$

$2x^3 - 0,52x^2 + 5,4x - 7,4 = 0$

9. $3,25x^4 + 7,67x^3 + 5x^2 - 11 = 0$

$2x^3 + 5x^2 + 11x + 7 = 0$

10. $2,2x^4 - 1,2x^2 - 11 = 0$

$3x^3 - 0,42x^2 + 0,95x - 2 = 0$

11. $-x^4 - 18x^2 + 6 = 0$

$2x^3 - 0,08x^2 + 0,94x + 1,3 = 0$

12. $-1,21x^4 + x^3 + 2x^2 - 3x - 5 = 0$

$3x^3 - 13x^2 + 16x - 15 = 0$

13. $0,89x^4 + 3,67x^3 - 7,92x^2 - 13 = 0$

$2x^3 - 0,35x^2 + 0,47x - 1,43 = 0$

14. $6x^4 + 8x^3 - 23x^2 + 2,1 = 0$

$5x^3 + 20x^2 + 5x + 8 = 0$

Задание № 21. Решение решить систему уравнений. Вариант задается преподавателем.

1. $\begin{cases} \sin(x+1) - y = 1,2; \\ 2x + \cos y = 2. \end{cases}$

8. $\begin{cases} 2y - \cos(x+1) = 0; \\ x + \sin y = -0,4. \end{cases}$

2. $\begin{cases} \cos(x-1) + y = 0,5; \\ x - \cos y = 3. \end{cases}$

9. $\begin{cases} \cos(x+0,5) - y = 2; \\ \sin y - 2x = 1. \end{cases}$

3. $\begin{cases} \sin x + 2y = 2; \\ \cos(y-1) + x = 0,7. \end{cases}$

10. $\begin{cases} \operatorname{tg} xy = x^2; \\ 0,7x^2 + 2y^2 = 1. \end{cases}$

4. $\begin{cases} \sin(x+y) - 1,2x = 0,2; \\ x^2 + y^2 = 1. \end{cases}$

11. $\begin{cases} \sin(x-1) = 1,3 - y; \\ x - \sin(y+1) = 0. \end{cases}$

5. $\begin{cases} \operatorname{tg}(xy+0,3) = x^2; \\ 0,9x^2 + 2y^2 = 1. \end{cases}$

12. $\begin{cases} \sin(y-1) + x = 1,3; \\ y - \sin(x+1) = 0,8. \end{cases}$

6. $\begin{cases} \sin(y+1) - x = 1,2; \\ 2y + \cos x = 2. \end{cases}$

13. $\begin{cases} \sin(y+1) = x+1; \\ 2y + \cos x = 2. \end{cases}$

7. $\begin{cases} \sin(x+y) - 1,2x = 0,1; \\ x^2 + y^2 = 1. \end{cases}$

14. $\begin{cases} \sin x + 3y = 1; \\ \cos(y-2) + x = 0,5. \end{cases}$

2.2.4. Обработка экспериментальных данных

Задание № 22. В результате эксперимента была определена некоторая табличная зависимость. С помощью метода наименьших квадратов определить линию регрессии, рассчитать коэффициент корреляции, подобрать функциональную зависимость заданного вида, вычислить коэффициент регрессии. Определить суммарную ошибку. Вариант задается преподавателем.

$$1. P(s) = As^3 + Bs^2 + D$$

s	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
P	12	10,1	11,58	17,4	30,68	53,6	87,78	136,9	202,5	287

$$2. G(s) = As^b$$

s	0,5	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
G	3,99	5,65	6,41	6,71	7,215	7,611	7,83	8,19	8,3

$$3. V(s) = As^b e^{Cs}$$

s	0,2	0,7	1,2	1,7	2,2	2,7	3,2
V	2,3198	2,8569	3,5999	4,4357	5,5781	6,9459	8,6621

$$4. W(s) = \frac{A}{Bs+C}$$

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9
W	0,529	0,298	0,267	0,171	0,156	0,124	0,1	0,078	0,075

$$5. Q(s) = As^2 + Bs + C$$

s	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
Q	5,21	4,196	3,759	3,672	4,592	4,621	5,758	7,173	9,269

$$6. Y = \frac{x}{Ax-B}$$

x	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Y	0,61	0,6	0,592	0,58	0,585	0,583	0,582	0,57	0,572	0,571

$$7. V = \frac{1}{A - Be^{-U}}$$

U	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
V	12	10,1	11,58	17,4	30,68	53,6	87,78	136,9	202,5	287

$$8. Z = At^4 + Bt^3 + Ct^2 + Dt + K$$

t	0,66	0,9	1,17	1,47	1,7	1,74	2,08	2,63	3,12
Z	38,9	68,8	64,4	66,5	64,95	59,36	82,6	90,63	113,5

$$9. R = Ch^2 + Dh + K$$

h	2	4	6	8	10	12	14	16
R	0,035	0,09	0,147	0,2	0,24	0,28	0,31	0,34

$$10. Y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$$

x	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
Y	1,5	2,7	3,9	5,5	7,1	9,1	11,1	12,9	15,5	17,9

$$11. Y = Ax^3 + Cx + D$$

x	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2
Y	1,2	2,2	3,0	6,0	7,7	13,6

$$12. R = Ch^2 + K$$

h	0,29	0,57	0,86	0,14	1,43	1,71	1,82	2
R	3,33	6,67	7,5	13,33	16,67	23,33	27,8	33,35

$$13. Z = At^4 + Ct^2 + K$$

t	1	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	1,92	2
Z	6,2	7,2	9,6	12,5	17,1	22,2	28,3	35,3	36,5

$$14. Z = At^4 + Bt^3 + Dt + K$$

t	2	2,13	2,25	2,38	2,5	2,63	2,75	2,88	3
Z	12,57	16,43	19	22,86	26,71	31,86	37,0	43,43	49,86

Задание № 23.

Для вариантов 1-7 найти приближенное значение функции при заданном значении аргумента с помощью функции линейной интерполяции. Функция задана таблично.

Для вариантов 8-15 найти приближенное значение функции при заданном значении аргумента с помощью сплайн-интерполяции. Функция задана таблично.

Вариант задается преподавателем.

1. $x_1 = 0,702$, $x_2 = 0,512$, $x_3 = 608$

x	0,43	0,48	0,55	0,62	0,7	0,75
y	1,63597	1,73234	1,87686	2,03345	2,22846	2,35973

2. $x_1 = 0,102$, $x_2 = 0,203$, $x_3 = 0,154$

x	0,02	0,08	0,12	0,17	0,23	0,30
y	1,02316	1,09509	1,14725	1,21423	1,30120	1,40907

3. $x_1 = 0,526$, $x_2 = 0,453$, $x_3 = 0,436$

x	0,35	0,41	0,47	0,51	0,56	0,64
y	2,73951	2,30080	1,96864	1,78776	1,59502	1,34310

4. $x_1 = 0,616$, $x_2 = 0,478$, $x_3 = 0,537$

x	0,41	0,46	0,52	0,6	0,65	0,72
y	2,57418	2,32513	2,09336	1,86203	1,74926	1,62098

5. $x_1 = 0,896$, $x_2 = 0,774$, $x_3 = 0,955$

x	0,68	0,73	0,80	0,88	0,93	0,99
y	0,80866	0,89492	1,02964	1,20966	1,34087	1,52368

6. $x_1 = 0,314$, $x_2 = 0,235$, $x_3 = 0,186$

x	0,11	0,15	0,21	0,29	0,35	0,4
y	9,05421	6,61659	4,69170	3,35106	2,73951	2,36522

7. $x_1 = 1,3832$, $x_2 = 1,3926$, $x_3 = 1,3866$

x	1,375	1,380	1,385	1,390	1,395	1,400
y	5.04192	5.17744	5.32016	5.47069	5.62968	5.79788

8. $x_1 = 0,308$, $x_2 = 0,325$, $x_3 = 0,312$

x	0,298	0,303	0,310	0,317	0,323	0,330
y	3,25578	3,17639	3,12180	3,04819	2,98755	2,91950

9. $x_1 = 0,608$, $x_2 = 0,594$, $x_3 = 0,631$

x	0,593	0,598	0,605	0,613	0,619	0,627
y	0,53205	0,53562	0,54059	0,54623	0,55043	0,55598

10. $x_1 = 0,115$, $x_2 = 0,130$, $x_3 = 0,164$

x	0,100	0,108	0,119	0,127	0,135	0,146
y	1,12128	1,13160	1,14594	1,15648	1,16712	1,18191

11. $x_1 = 0,720$, $x_2 = 0,777$, $x_3 = 0,700$

x	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
y	12	10,1	11,58	17,4	30,68	53,6	87,78	136,9	202,5	287

12. $x_1 = 0,238$, $x_2 = 0,261$, $x_3 = 0,275$

x	0,235	0,240	0,250	0,255	0,265	0,280
y	1,20800	1,21256	1,22169	1,22628	1,23547	1,24933

13. $x_1 = 0,105$, $x_2 = 0,109$, $x_3 = 0,111$

x	0,095	0,102	0,104	0,107	0,110	0,112
y	1,09131	1,23490	1,27994	1,35142	1,42815	1,48256

14. $x_1 = 0,1817$, $x_2 = 0,2275$, $x_3 = 0,175$

x	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200	0,205
y	5,61543	5,46693	5,32634	5,19304	5,06642	4,94619

2.2.5. Решение задач оптимизации

Задание № 24. Решить задачу целочисленного программирования. Вариант задается преподавателем.

1. $W = 2x_1 - x_2 + x_4 \rightarrow \min$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \leq 1; \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \leq 0; \\ 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \geq 3. \end{cases}$$

2. $W = x_1 + x_3 \rightarrow \max$

$$\begin{cases} 2x_1 - 7x_2 + 22x_3 \leq 22; \\ 2x_1 - x_2 + 6x_3 \leq 6; \\ 2x_1 - 5x_2 + 2x_3 \leq 2; \\ -4x_1 + x_2 + x_3 \leq 1. \end{cases}$$

8. $W = -x_2 - 2x_3 + x_4 \rightarrow \min$

$$\begin{cases} 3x_1 - x_2 \leq 2; \\ x_2 - 2x_3 \leq -1; \\ 4x_3 - x_4 \leq 3; \\ 5x_1 + x_4 \geq 6. \end{cases}$$

9. $W = x_1 + x_2 + 3x_3 - x_4 \rightarrow \max$

$$\begin{cases} x_1 - 5x_2 + 4x_3 \leq 5; \\ x_1 - 2x_2 - 3x_3 \leq 4; \\ x_1 + 6x_2 + 5x_3 \leq 4; \\ x_2 + x_3 \leq 1. \end{cases}$$

$$3. W = 3 + 2x_2 + x_3 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 2x_3 + x_4 \geq 1; \\ 2x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \geq 1; \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 \geq -1; \\ x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 5. \end{cases}$$

$$4. W = x_3 + 3x_4 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 - x_4 \leq 2; \\ x_1 - x_2 - x_3 + x_4 \geq 0; \\ -x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 \geq -3; \\ x_1 \geq 1. \end{cases}$$

$$5. W = -x_1 + x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 \geq 2; \\ 2x_1 - x_2 \geq 2; \\ x_1 + x_2 \geq 5. \end{cases}$$

$$6. W = x_1 - x_2 - 2x_4 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 \leq 4; \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - 2x_4 \geq 2; \\ x_1 - x_4 \geq 1; \\ x_2 + x_3 \leq 1. \end{cases}$$

$$7. W = x_1 - x_2 + 3x_3 + x_4 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + x_4 \leq 1; \\ x_2 - x_3 + x_4 \leq 1; \\ x_1 + x_3 + 2x_4 \leq 2; \\ -2x_2 + x_4 \leq 0. \end{cases}$$

$$10. W = -4 - 2x_1 - x_2 - x_3 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 \geq -10; \\ x_1 + x_2 - x_3 - x_4 \leq -4; \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \geq -6; \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 10. \end{cases}$$

$$11. W = x_1 + x_2 + x_3 + 1 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 0; \\ x_1 + x_3 \geq 1; \\ x_2 - x_3 \geq 1; \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 \geq 0. \end{cases}$$

$$12. W = 2 + 2x_2 - x_3 + 3x_4 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 - 2x_4 \geq -1; \\ x_1 + x_3 + x_4 \geq 1; \\ x_2 + x_3 - x_4 \geq 1; \\ x_3 \leq 4; \quad x_2 \leq 10. \end{cases}$$

$$13. W = x_1 + x_2 + 3 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 1; \\ x_1 - 2x_2 \geq -2; \\ -x_1 + x_2 \geq -1; \\ 2x_1 + x_2 \geq -2. \end{cases}$$

$$14. W = x_1 - 10x_2 + 100x_3 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 1; \\ x_1 - x_2 - x_3 \leq 2; \\ -x_1 + 2x_3 \leq 0; \\ x_1 + 2x_3 \leq 5. \end{cases}$$

Тема 3. Работа с системами имитационного моделирования

3.1. Работа с MULTISIM

Задание № 26. Используя программу схемотехнического моделирования Multisim, собрать простейшую электрическую схему и записать полученные измерения.

Краткие теоретические сведения необходимые для выполнения задания.

Сигнал – это физический процесс, несущий в себе информацию. В качестве переносчиков информации (сигналов) в устройствах РЭО воздушного транспорта используют электрический ток, напряжение, электромагнитное

поле. В радиоэлектронном оборудовании воздушного транспорта применяют различные виды сигналов: гармонические сигналы, периодические последовательности прямоугольных видеоимпульсов (ППВИ), периодические последовательности прямоугольных радиоимпульсов (ППРИ), амплитудно-модулированные радиосигналы, сигналы с угловой модуляцией и другие виды модулированных и кодированных сигналов. Для характеристики гармонических и импульсных сигналов используют параметры: амплитуда, частота, период, задержка, начальная фаза, длительность и др.

Пример гармонического сигнала приведен на рис. 40. На графике гармонического сигнала обозначены параметры сигнала: амплитуда напряжения (U_m), период T_0 . Математическая модель такого сигнала может быть описана, как через закон косинуса, так и синуса.

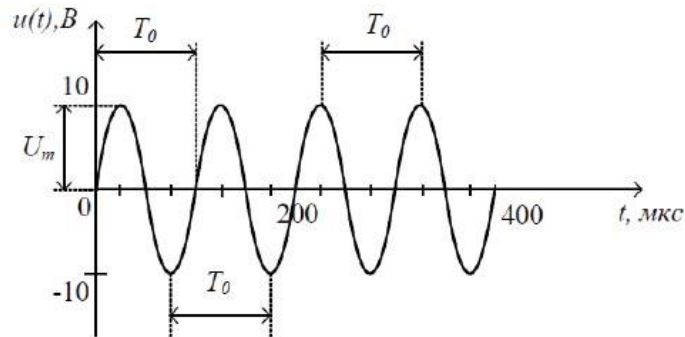


Рисунок 40 – Временная диаграмма гармонического сигнала

Пример временной диаграммы ПППВИ приведен на рис. 41. На графике обозначены параметры сигнала: амплитуда U_m , период T повторения импульсов, длительность импульса τ_u .

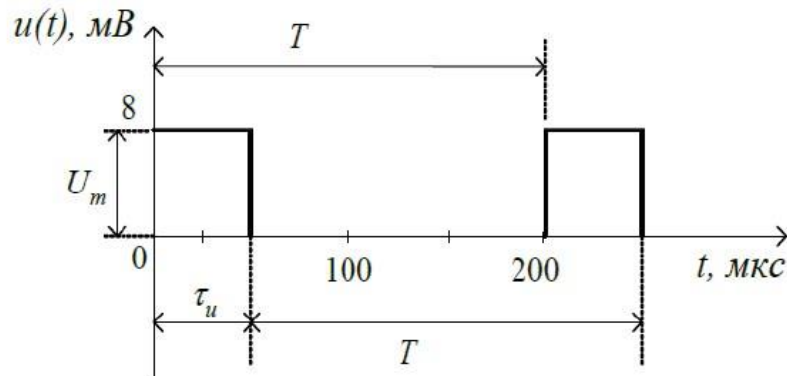


Рисунок 41 – Временная диаграмма ПППВИ

Пример временной диаграммы ГППРИ приведен на рис. 42. На графике обозначены параметры сигнала: амплитуда U_m , период T_0 несущего сигнала, задержка t_0 , длительность импульса τ_n , период повторения импульсов T .

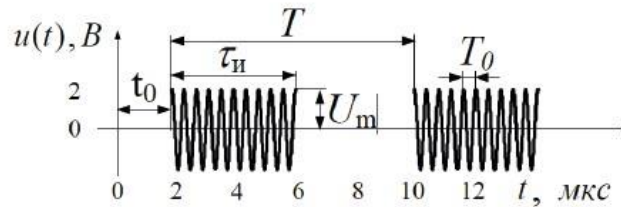


Рисунок 42 – Временная диаграмма ГППРИ

1. Исследование гармонических сигналов:

Ход выполнения задания:

1. Собрать электрическую схему измерения (Рис. 43), состоящую из функционального генератора, осциллографа и соединительных проводников.

2. Двойным щелчком левой клавиши мыши по функциональному генератору открыть окно «Function Generator» и перевести его в режим формирования гармонического сигнала.

3. Частота на генераторе устанавливается в соответствии с вариантом заданным преподавателем следующим образом: $f_0 = 1 \cdot n$, кГц; а амплитуда – $U_m = 2 \cdot n$, В, где n – вариант заданный преподавателем.

4. Добиться удобного для наблюдения в режиме паузы изображения сигнала на экране осциллографа и измерить параметры гармонического сигнала с помощью подвижных маркеров осциллографа.

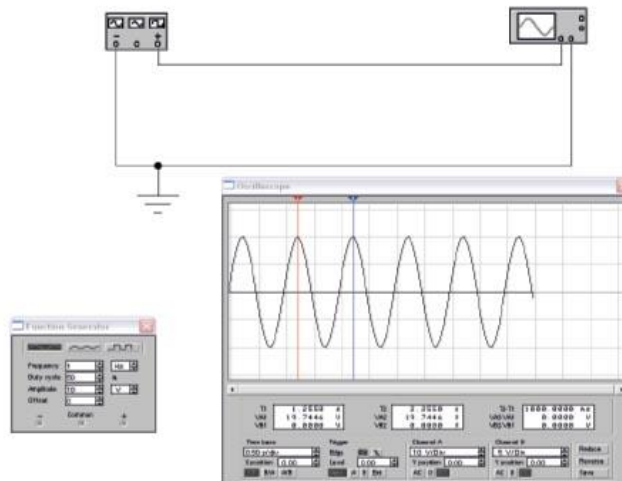


Рисунок 43 – Схема измерения гармонического сигнала

Таблица 5 – Результаты измерения параметров гармонического сигнала

Амплитуда напряжения U_m	Период несущей частоты T_0	Несущая частота f_0

2. Исследование ПППВИ.

Ход выполнения задания:

1. Схема измерения остается неизменной. Ознакомиться с диаграммами ПППВИ можно на рис. 44.

2. Двойным щелчком левой клавиши мыши по функциональному генератору открыть окно «Function Generator» и перевести его в режим формирования ПППВИ.

3. Частота на генераторе устанавливается в соответствии с вариантом заданным преподавателем следующим образом: $f_0 = 1 \cdot n$, кГц; а амплитуда – $U_m = 3$, В, где n – вариант заданный преподавателем.

4. Скважность ПППВИ задается параметром Duty cycle функционального генератора. Значению Duty cycle = 50% соответствует скважность 2.

5. Добиться удобного для наблюдения в режиме паузы изображения сигнала на экране осциллографа и измерить параметры ПППВИ с помощью подвижных маркеров осциллографа.

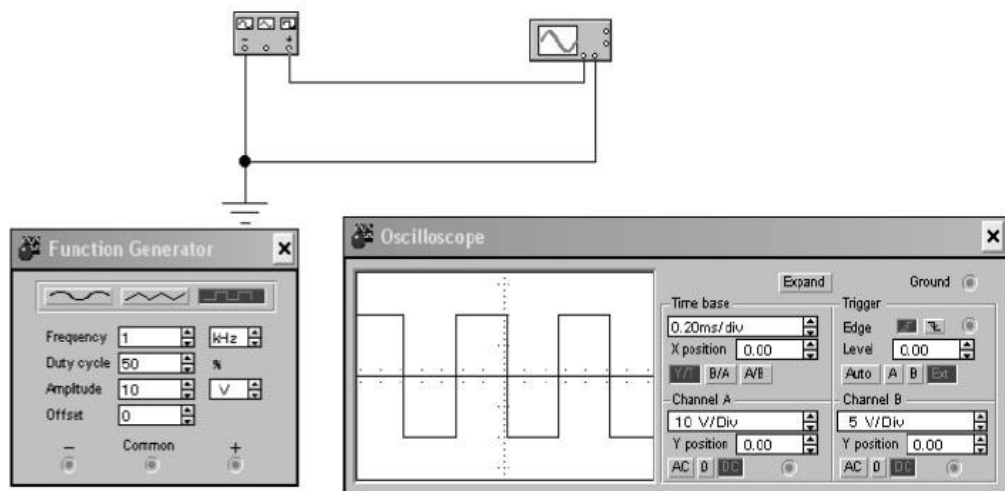


Рисунок 44 – Схема измерения ПППВИ

Таблица 6 – Результаты измерения параметров ПППВИ

Амплитуда напряжения U_m	Длительность импульса $\tau_{и}$	Период следования импульсов T	Частота следования импульсов f

3. Исследование ПППРИ.

Ход выполнения задания:

1. Собрать электрическую схему измерения (Рис. 45), состоящую из функционального генератора, осциллографа и соединительных проводников.

2. Двойным щелчком левой клавиши мыши по функциональному генератору открыть окно «Function Generator» и перевести его в режим формирования ПППВИ.

3. Частота на генераторе №1 устанавливается в соответствии с вариантом заданным преподавателем следующим образом: $f_0 = 1 \cdot n$, кГц; а амплитуда – $U_m = 3$, В, где n – вариант заданный преподавателем.

4. Скважность задается параметром Duty cycle = 50%.

5. Проверить соответствие номинальных значений элементов схемы: $R_1 = 10$ кОм, $R_2 = 10$ кОм, $R_3 = 10$ кОм, $E_{смещ.} = 5$ В. Параметры генератора №2: $U_H = 4$ В, $f_0 = 10$ кГц.

6. Добиться удобного для наблюдения в режиме паузы изображения сигнала на экране осциллографа и измерить параметры ПППРИ с помощью подвижных маркеров осциллографа.

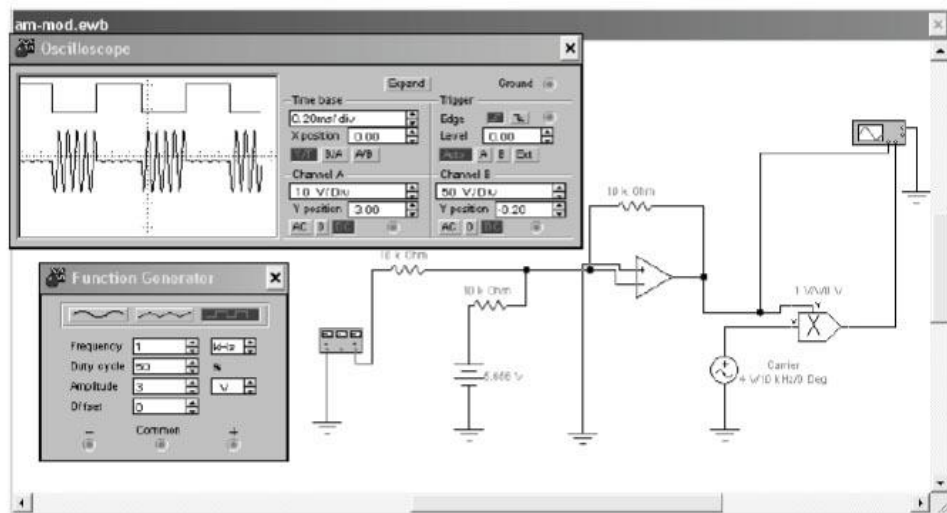


Рисунок 45 – Схема измерения ПППРИ

Таблица 7 – Результаты измерения параметров ПППРИ

Амплитуда напряжения U_m	Период несущей частоты T_0	Несущая частота f_0	Длительность импульса $\tau_{\text{и}}$	Период следования импульсов T	Частота следования импульсов f

Отчет по Заданию №25 должен содержать в себе:

1. Электрические схемы измерений.
2. Скриншоты временных диаграмм сигналов.
3. Таблицы результатов измерений.

Задание № 26. Используя программу схемотехнического моделирования Multisim, собрать электрическую схему и рассчитать цепи постоянного тока следующими методами: уравнением Кирхгофа, узловых потенциалов, контурных токов.

Ход выполнения задания:

1. Собрать электрическую схему.
2. Параметры элементов $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, V_1, V_2, V_3$ и V_4 взять из Таблицы 8 в соответствии с вариантом заданным преподавателем.

3. Рассчитайте падение напряжения в схеме на рис. 46 методом узловых потенциалов. Зная потенциалы узловых точек, рассчитайте токи в каждой ветви. Выберите контуры и составьте систему уравнений для контурных токов схемы на рис. 47. Зная контурные токи, рассчитайте токи в каждой ветви.

4. Включите последовательно каждую схему на рис. 46 и рис. 47, запишите показания приборов. Сравните показания приборов с рассчитанными значениями токов в каждой ветви.

Таблица 8 – Номинальные значения элементов

№	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	$R_4, \text{Ом}$	$R_5, \text{Ом}$	$R_6, \text{Ом}$	$V_1, \text{В}$	$V_2, \text{В}$	$V_3, \text{В}$	$V_4, \text{В}$
1	1	6	9	2	1	7	2	3	4	5
2	2	7	8	3	3	1	3	4	5	6
3	3	8	7	4	2	3	4	5	6	7
4	4	9	6	5	5	2	5	6	7	8
5	5	10	5	6	7	5	6	1	2	3
6	6	1	4	7	6	7	7	2	3	4
7	7	2	3	8	8	6	8	3	2	1
8	8	3	2	9	2	8	9	9	8	7
9	9	4	1	1	8	2	8	7	8	6
10	3	5	3	2	9	8	7	7	8	6

11	1	6	9	3	6	9	6	6	7	5
12	2	7	8	4	5	6	5	9	8	6
13	3	8	7	5	7	5	4	1	2	9
14	4	9	6	6	3	7	3	6	7	5
15	5	4	5	7	6	3	2	3	4	2
16	6	1	4	8	8	6	3	2	3	1
17	7	2	3	9	9	8	4	8	9	7
18	8	3	2	4	1	9	5	7	8	6
19	9	4	1	2	3	1	6	9	3	8
20	10	5	5	3	2	3	7	4	5	3

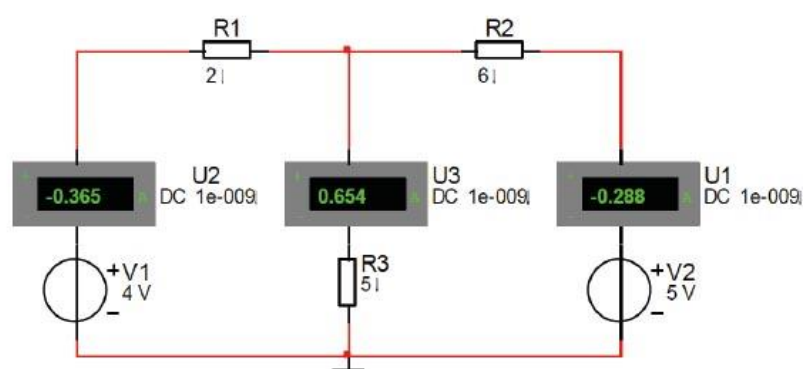


Рисунок 46 – Цепь постоянного тока для расчета методом узловых потенциалов

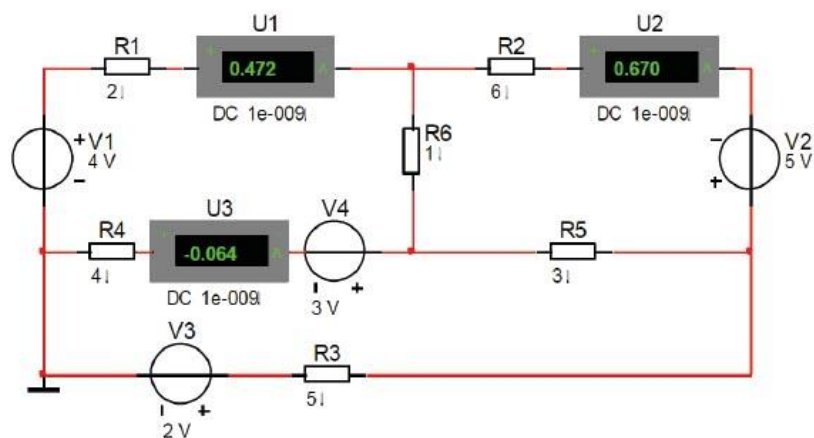


Рисунок 47 – Цепь постоянного тока для расчета методом контурных токов

Отчет по Заданию №26 должен содержать в себе:

1. Принципиальные схемы рис. 46 и рис. 47.
2. Уравнение расчета узловых потенциалов в схеме рис. 46 и расчеты токов в каждой ветви.
3. Систему уравнений для расчета контурных токов в схеме рис. 47 и расчеты токов в каждой ветви.
4. Показания приборов, подтверждающие правильность проведенных расчетов.

Задание № 27. Используя программу схемотехнического моделирования Multisim, собрать электрические схемы для исследования полупроводниковых выпрямителей и записать полученные измерения.

Краткие теоретические сведения необходимые для выполнения задания.

Выпрямителем называют электронное устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения в постоянное. Различают электронные, ионные и полупроводниковые выпрямители.

В общем случае выпрямитель включает в себя полупроводниковые диоды и понижающий однофазный или трехфазный трансформатор. Диоды, соединенные по определенной схеме, служат непосредственно для выпрямления переменного напряжения. Трансформатор служит для согласования величины выпрямленного напряжения с величиной напряжения сети переменного тока. Обычно это понижающий трансформатор. Диоды соединяют по нулевой или мостовой схемам.

Электрод диода, присоединенный к слою полупроводника с р-проводимостью, называют анодом, к слою полупроводника п-проводимостью — катодом. На условном обозначении диода острие направлено от анода к катоду. Диод переходит в проводящее состояние (открыт), если напряжение на аноде положительное, а на катоде — отрицательное. В противном случае диод запирается, ток, проходящий через него (обратный ток), пренебрежимо мал. Следовательно, диод, включенный в цепь переменного тока, будет открыт, когда к нему приложена положительная полуволна (полупериод) переменного напряжения, и закрыт, когда действует отрицательная полуволна напряжения. Первое называют прямым напряжением, или падением напряжения на открытом диоде. Последнее называют обратным напряжением.

Коэффициент пульсаций равен отношению максимального мгновенного значения выпрямленного напряжения к среднему значению: $K_{\Pi} = \frac{U_{MAX}}{\langle U \rangle}$. Максимальное мгновенное значение выпрямленного напряжения U_{MAX} равно амплитуде колебания напряжения на входе диодного выпрямителя. А среднее значение напряжения находится по общим правилам: $\langle U \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$.

Принцип работы мостового выпрямителя сводится к тому, что в каждый полупериод открыты два диода: тот, на аноде которого напряжение

положительно, и тот, на катоде которого оно отрицательно. Таким образом, в первый полупериод открыты, например, диоды D_2 и D_3 , а во второй полупериод D_1 и D_4 (Рис. 48) и т.д.

Ход выполнения задания:

1. Собрать электрическую схему исследования однофазного мостового выпрямителя (Рис. 48). Тип трансформатора выберите в соответствии с вариантом заданным преподавателем из Таблицы 9.

2. Проведите исследование однофазного мостового выпрямителя.

Для этого включите схему. Сделайте скриншот осциллограммы выпрямленного напряжения, рассчитайте среднее значение тока и определите коэффициент пульсаций. Среднее значение тока выделите цветом на скриншоте в виде прямой горизонтальной линии. Изменяя величину сопротивления нагрузки от наибольшего (например, 12 кОм) до наименьшего значения (например, 1,2 Ом), запишите значения выпрямленного тока и среднего значения выпрямленного напряжения (10 значений). Постройте внешнюю характеристику выпрямителя, т. е. зависимость его напряжения от тока нагрузки: $U_d = f(I_d)$.

3. Проведите исследование однофазного мостового выпрямителя при включении конденсатора параллельно нагрузке.

Для этого подключите параллельно к выходу выпрямителя простейший фильтр в виде конденсатора (емкости), например, 1 мкФ (Рис. 49). Включите питание. Сделайте скриншот осциллограммы выпрямленного напряжения, рассчитайте среднее значение тока и определите коэффициент пульсаций. Среднее значение тока покажите на рисунке в виде прямой горизонтальной линии. Сделайте вывод о том, как изменился коэффициент пульсаций после подключения конденсатора параллельно нагрузке. Подберите емкость, при которой выпрямленное напряжение будет испытывать минимальные пульсации и соответствует постоянному напряжению.

4. Проведите исследование трехфазного выпрямителя с нулевой точкой.

Соберите трехфазный выпрямитель с нулевой точкой (Рис. 50). Для этой цели используем три одинаковых источника переменного напряжения. Соединим их в звезду и установим соответствующие фазы напряжений: 0° , 120° и 240° . Включите в каждую фазу по диоду и объедините их катоды.

Отобразите на одном рисунке осциллограммы фазного и выпрямленного напряжений трехфазного выпрямителя с нулевой точкой (как и показывает осциллограф в схеме на рис. 50). Оцените коэффициент пульсаций, сравните его значение с коэффициентами пульсаций, полученными в предыдущих пунктах.

Меняя сопротивление нагрузки, отследите ток нагрузки от минимального значения до наибольшего, и, записывая значения тока и выпрямленного напряжения (не менее десяти измерений), постройте внешнюю характеристику выпрямителя:

5. Проведите исследование трехфазного мостового выпрямителя.

Для этого соберите трехфазный мостовой выпрямитель (Рис. 51). Сделайте скриншот осциллограммы выпрямленного напряжения. Оцените коэффициент пульсаций, сравните его значение с коэффициентами пульсаций, полученными в предыдущих пунктах.

Получите внешнюю характеристику выпрямителя, изменяя ток нагрузки при изменении ее сопротивления от минимального значения до наибольшего и, записывая значения тока и выпрямленного напряжения, постройте зависимость.

Отчет по Заданию №27 должен содержать в себе:

1. Схему однофазного мостового выпрямителя. Осциллограмму выпрямленного напряжения, расчет среднего значения тока и коэффициента пульсаций, график внешней характеристики однофазного однополупериодного выпрямителя.

2. Схему однофазного мостового выпрямителя при включении конденсатора параллельно нагрузке. Осциллограмму выпрямленного напряжения, расчет среднего значения тока и коэффициента пульсаций, однофазного мостового выпрямителя при включении конденсатора параллельно нагрузке, результаты подбора величины емкости, при которой выпрямленное напряжение испытывает минимальные пульсации и приближенно соответствует постоянному напряжению.

3. Схему трехфазного выпрямителя с нулевой точкой. Осциллограммы фазного и выпрямленного напряжений трехфазного выпрямителя с нулевой точкой. Расчет коэффициента пульсаций. Внешнюю характеристику трехфазного выпрямителя с нулевой точкой.

4. Схему трехфазного мостового выпрямителя. Осциллограмму выпрямленного напряжения, расчет коэффициента пульсаций. График внешней характеристики выпрямителя.

5. Сравнение коэффициентов пульсаций у выпрямителей разных видов.

Таблица 9 – Номинальные значения элементов

№	Тип трансформатора	R_n , Ом
1	TS_PQ4_10	60
2	TS_PQ4_12	64
3	TS_PQ4_16	68
4	TS_PQ4_20	72
5	TS_PQ4_24	76
6	TS_PQ4_28	80

7	TS_PQ4_36	84
8	TS_PQ4_48	88
9	TS_PQ4_56	92
10	TS_PQ4_120	96
11	TS_PQ4_10	100
12	TS_PQ4_12	104
13	TS_PQ4_16	108
14	TS_PQ4_20	112
15	TS_PQ4_24	116
16	TS_PQ4_28	120
17	TS_PQ4_36	124
18	TS_PQ4_48	128
19	TS_PQ4_56	132
20	TS_PQ4_120	136

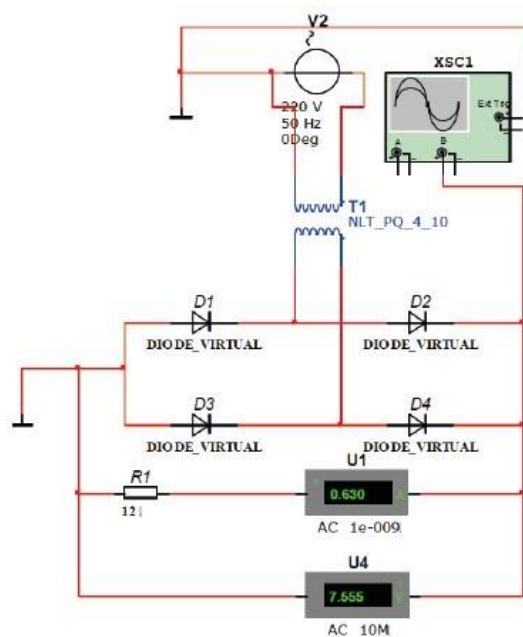


Рисунок 48 – Схема однофазного мостового выпрямителя

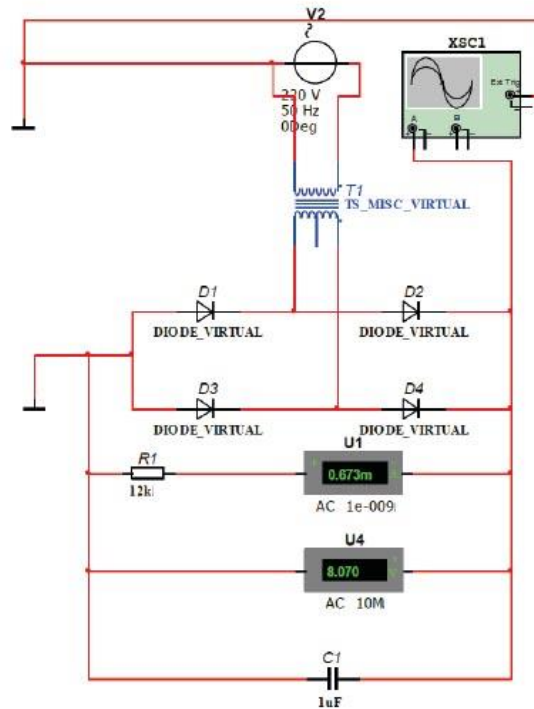


Рисунок 49 – Схема однофазного мостового выпрямителя при включении конденсатора параллельно нагрузке

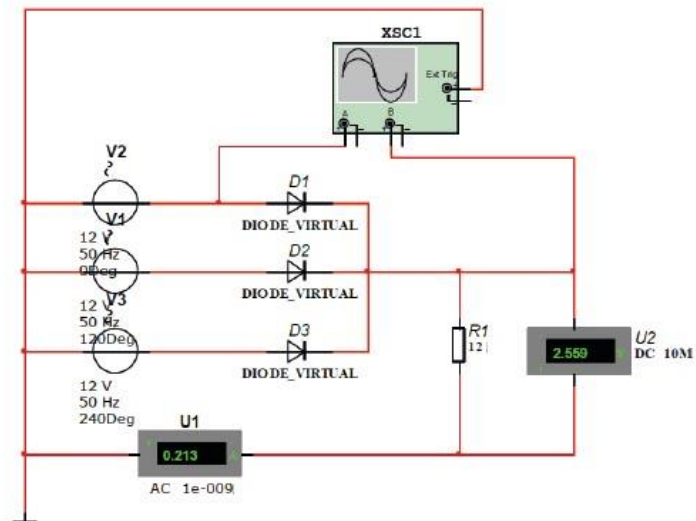


Рисунок 50 – Схема трехфазного выпрямителя с нулевой точкой

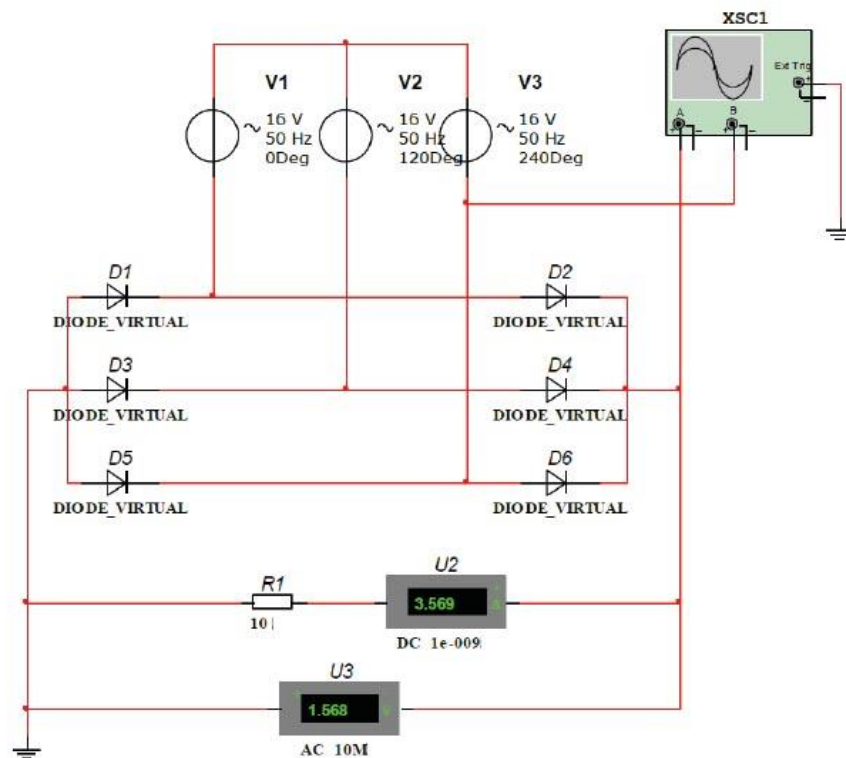


Рисунок 51 – Схема трехфазного мостового выпрямителя

Задание № 28. Используя программу схемотехнического моделирования Multisim, собрать электрическую схему для исследования операционного усилителя постоянного тока и ознакомиться с его основными параметрами и характеристиками.

Краткие теоретические сведения необходимые для выполнения задания.

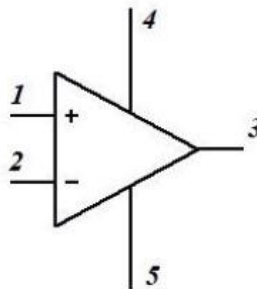


Рисунок 52 – УГО операционного усилителя

Коэффициентом усиления ОУ называется безразмерная величина $K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$, где $U_{\text{вх}}$ разность напряжений между прямым U_c (1) и инвертирующим U_{oc} (2) входами ОУ, а $U_{\text{вых}}$ — напряжение на выходе операционного усилителя (3) относительно земли.

На вход (1) подается, как правило, сигнал, который необходимо усилить. На вход (2) подается обратная связь с выхода, как показано на рисунке 50. Величина $\beta = \frac{R_1}{R_3 + R_1}$ называется коэффициентом обратной связи. Таким образом, $(U_c - U_{oc})K = U_{\text{вых}}$, $KU_c - \frac{R_1}{R_3 + R_1}U_{\text{вых}}K = U_{\text{вых}}$, $KU_c - \beta U_{\text{вых}}K = U_{\text{вых}}$, $KU_c = U_{\text{вых}}(1 + \beta K)$. $K_{oc} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_c} = \frac{K}{1 + \beta K}$ — коэффициент усиления ОУ с обратной связью.

Ход выполнения задания:

1. Собрать электрическую схему операционного усилителя постоянного тока на базе ОУ с отрицательной обратной связью.

2. Определение коэффициента усиления усилителя 3288RT, настройка обратной связи, чтобы коэффициент усиления принял заданное значение.

Подумайте, как нужно изменить схему на рис. 53, чтобы по показаниям вольтметров U_2 и U_3 определить коэффициент усиления ОУ. Определите коэффициент усиления усилителя 3288RT на частоте $f = 100$ кГц, запишите в отчет его значение.

Рассчитайте сопротивления R_1 и R_3 , чтобы коэффициент усиления ОУ с обратной связью стал равным значению, указанному в Вашем варианте согласно Таблице 10. Запишите соответствующей номеру Вашего варианта коэффициент обратной связи. Включите схему.

3. Построение амплитудной характеристики усилителя при заданном коэффициенте обратной связи и частоте.

При значении β , соответствующему номеру Вашего варианта, и частоте $f = 100$ кГц исследуйте амплитудную характеристику ОУ с отрицательной обратной связью. Для этого задайте ряд значений входного напряжения и измерьте соответствующие значения выходного. Постройте таблицу, и по данным таблицы график зависимости усиления от амплитуды входного сигнала.

4. Построение частотной характеристики усилителя при заданном коэффициенте обратной связи.

Установите амплитуду входного сигнала, соответствующую линейному участку амплитудной характеристики, полученной в предыдущем пункте. Задайте ряд значений частот входного напряжения и измерьте соответствующие значения выходного напряжения. Постройте таблицу, и по данным таблицы график зависимости коэффициента усиления от частоты.

Таблица 10 – Номинальные значения элементов

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_{OC}	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
Номер варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
K_{OC}	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77

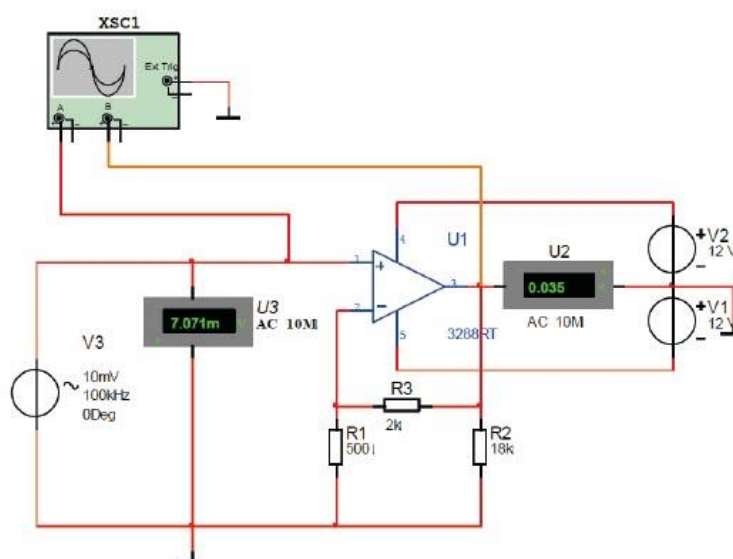


Рисунок 53 – Схема усилителя постоянного тока на базе ОУ с отрицательной обратной связью

Отчет по Заданию №28 должен содержать в себе:

1. Схему усилителя постоянного тока на базе ОУ с отрицательной обратной связью. Расчет коэффициента усиления ОУ на частоте $f = 100$ кГц.
2. Расчет сопротивлений R_1 и R_3 , при которых коэффициент усиления ОУ с обратной связью равен значению, соответствующему номеру варианта заданного преподавателем.
3. Расчет коэффициента обратной связи β , соответствующего номеру варианта заданного преподавателем.
4. Амплитудную характеристику усилителя при заданном коэффициенте обратной связи и частоте $f = 100$ кГц.

5. Частотную характеристику усилителя при заданном коэффициенте обратной связи и амплитуде, соответствующей линейному участку амплитудной характеристики (таблица и график).

Задание № 29. Используя программу схемотехнического моделирования Multisim, собрать схему каскада устройства приёма радиосигнала и проверить ее работоспособность.

Ход выполнения задания:

1. Собрать схему амплитудного детектора, представленную на Рисунке 54 в соответствии с исходными данными, представленными в Таблице 11.

2. Проверить качество функционирования собранной схемы используя встроенные эмуляторы средств измерений. Для проверки качества функционирования необходимо убедиться в равенстве частоты выходного сигнала с частотой модуляции.

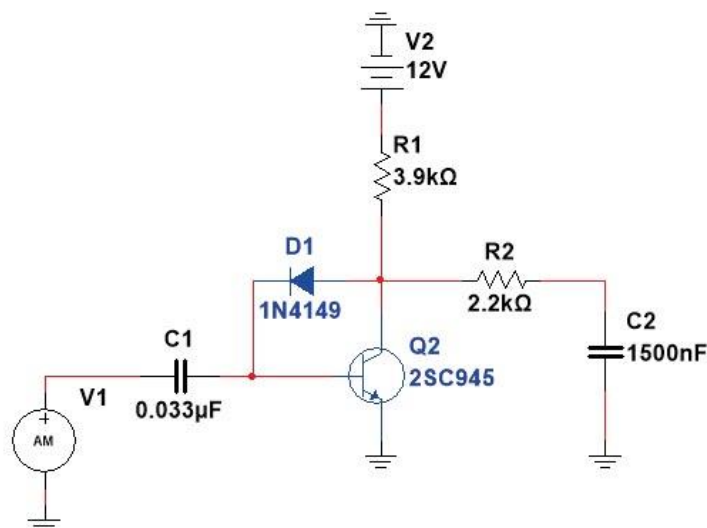


Рисунок 54 – Схема амплитудного детектора

Таблица 11 – Исходные данные для выполнения задания

Несущая частота входного сигнала	5 кГц
Амплитуда несущей	10 В
Частота модуляции	50 Гц
Коэффициент модуляции	1

Решение:

Собранная схема должна иметь вид, представленный на Рисунке 55. Параметры генератора *V1* должны соответствовать исходным данным в задании.

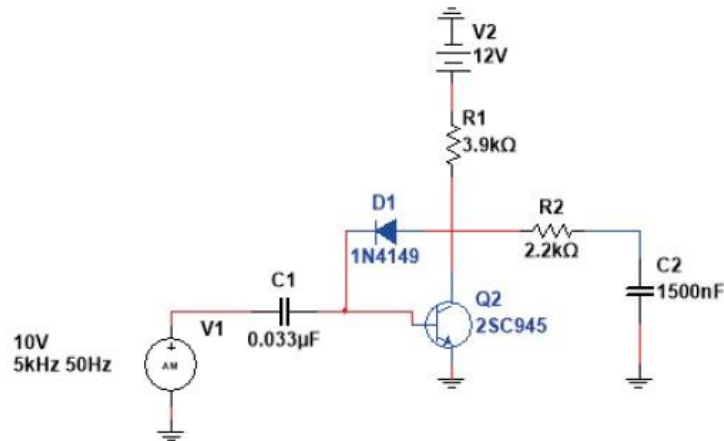


Рисунок 55 – Экспериментальная схема исследования амплитудного детектора

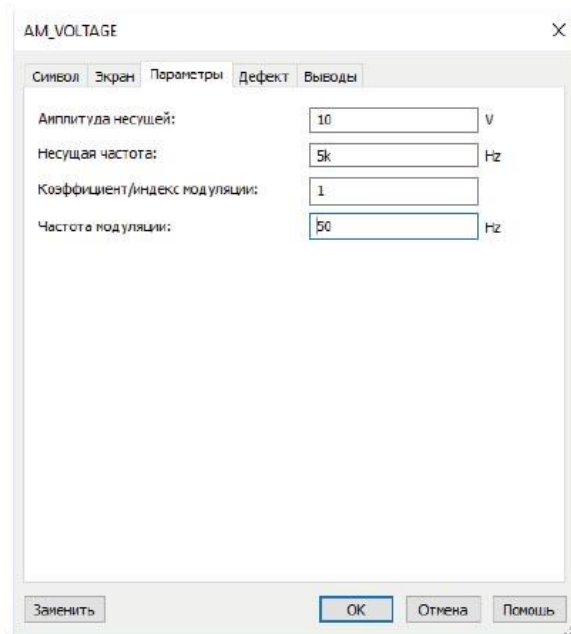


Рисунок 56 – Задаваемые параметры генератора амплитудно-модулированных колебаний

Для проверки качества функционирования к выходу схемы следует подключить осциллограф.

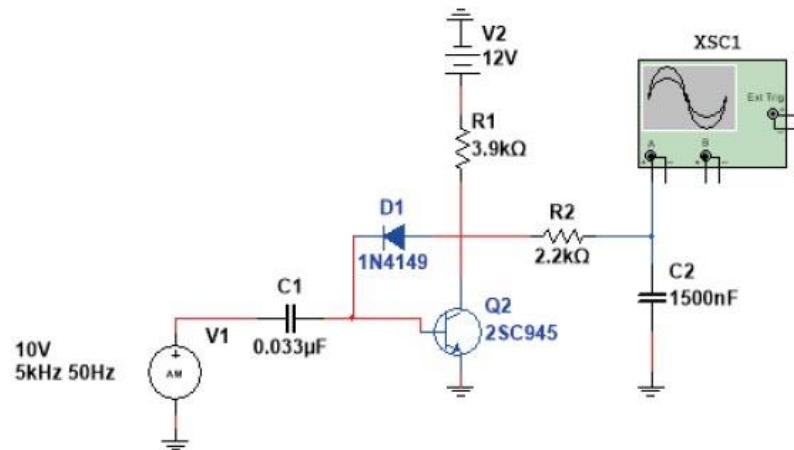


Рисунок 57 – Экспериментальная схема исследования амплитудного детектора с использованием встроенных эмуляторов средств измерений

Убеждаемся в работоспособности схемы по изображению на экране осциллографа.

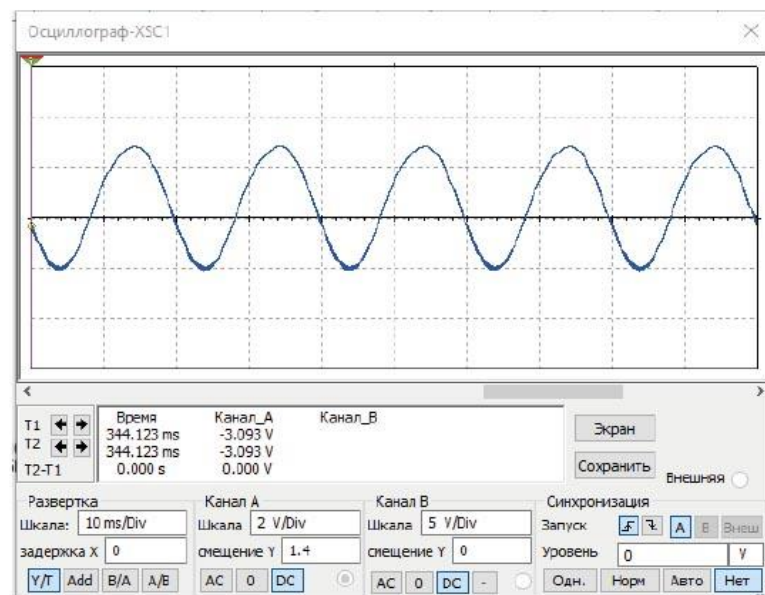


Рисунок 58 – Осциллограмма полученного сигнала

Производим измерение периода колебания используя измерительные маркеры.

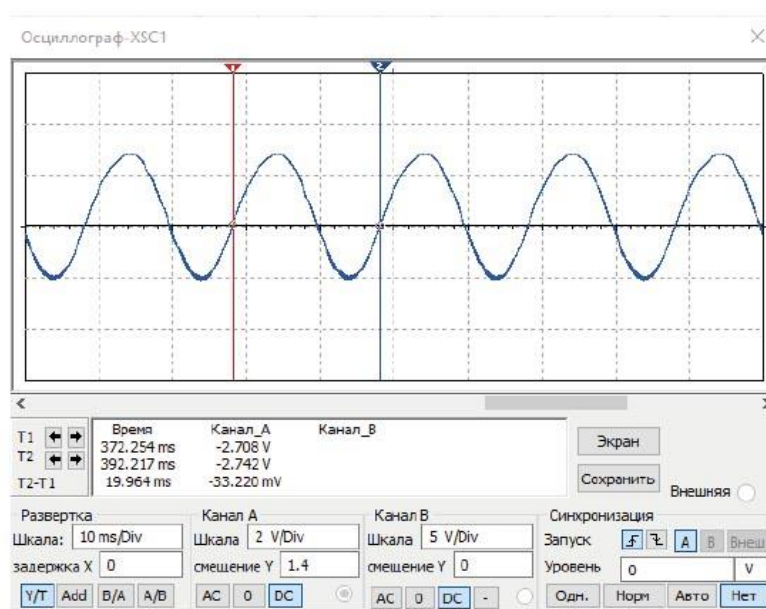


Рисунок 59 – Измерение периода сигнала с использованием маркеров

В данном случае период равен 19,96 мс. Вычисляем значение частоты:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{19.96 \cdot 10^{-3}} \approx 50 \text{ Гц};$$

Убеждаемся, что частота выходного сигнала равна частоте модуляции.

Таблица 12 – Варианты данных для выполнения Задания № 29

[illegible]

Задание № 30. Используя программу схемотехнического моделирования Multisim, собрать схему каскада устройства приёма радиосигнала и проверить ее работоспособность.

Ход выполнения задания:

1. Собрать схему усилителя, представленную на Рисунке 60 в соответствии с исходными данными, представленными в Таблице 13.

2. Проверить качество функционирования собранной схемы используя встроенные эмуляторы средств измерений. Для проверки качества функционирования необходимо вычислить значение коэффициента усиления по напряжению $K = \frac{U_{m \text{ вых}}}{U_{m \text{ вх}}}$ и определить, выполняется ли условие $K > 1$.

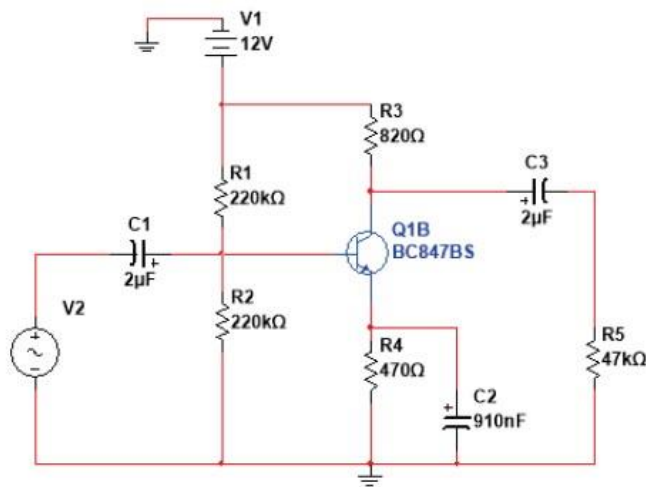


Рисунок 60 – Схема усилителя

Таблица 13 – Исходные данные для выполнения задания

Частота входного сигнала	15 кГц
Напряжение (P_k)	0,05 В
Анализ амплитуды	1

Решение:

Собранная схема должна иметь вид, представленный на Рисунке 61. Проверить параметры схемы на соответствие исходным данным.

Для проверки качества функционирования к выходу схемы следует подключить осциллограф.

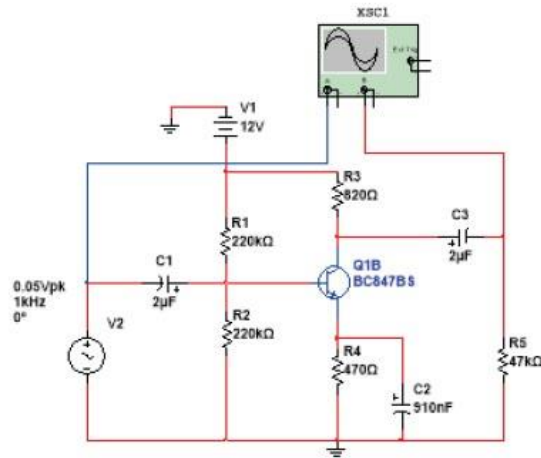


Рисунок 61 – Экспериментальная схема исследования усилителя

Убеждаемся в работоспособности схемы по изображению на экране осциллографа и измеряем амплитуды колебаний измерительными маркерами.

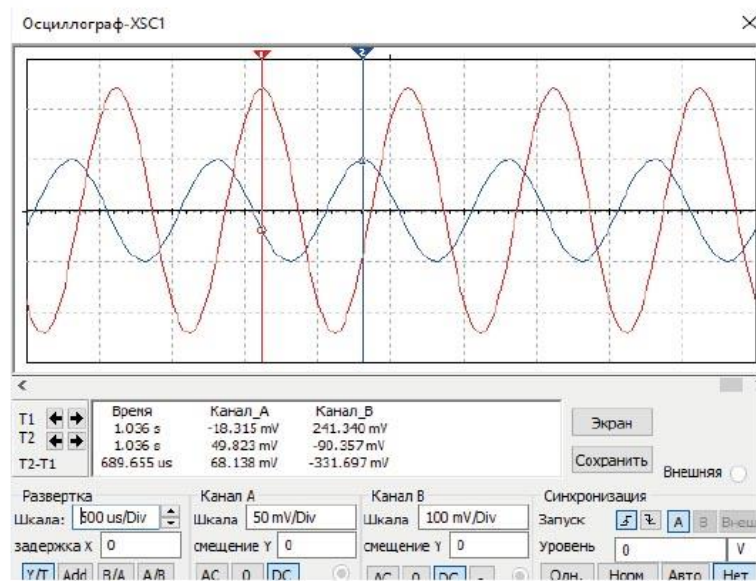


Рисунок 62 – Измерение амплитуд напряжений

Проверка выполнения условия: $K = \frac{241.34}{49.823} = 4.844 \Rightarrow$ условие выполняется.

Таблица 14 – Варианты данных для выполнения Задания № 30

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота входного сигнала, кГц	2	4	5	7	8	10	12	13	14	15
Напряжение (P_k), В	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Анализ амплитуды	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.2. Работа с Micro-Cap

Задание № 31. Расчет схем на постоянном токе.

Исходные данные, задаваемые преподавателем: тип транзистора (например, 2N2222); положение исходной рабочей точки, определяемое разностью потенциалов между выходными зажимами транзистора (например, $U_{\text{вых0}} = 15 \text{ В}$) и значением тока, протекающего через эти зажимы (например, $I_{\text{вых0}} = 30 \text{ мА}$).

Ход выполнения задания:

1. Создать простейшую схему резистивного делителя с подключенным источником ЭДС. Для этого с помощью команд *Component\Analog Primitives\Waveform\Battery*, *Component\Analog Primitives\Passive Components\Resistor*, *Component\Analog Primitives\Connectors\Ground* разместить на рабочем поле изображения источника ЭДС, двух последовательно соединенных резисторов и точки заземления. В полях для ввода параметров задать значения напряжения источника 10 В, резисторов по 1 кОм. Соединить их проводниками так, чтобы получилась схема, изображенная на Рисунке 63. С помощью команды *Options\View\Node Numbers* включить отображение номеров узлов.

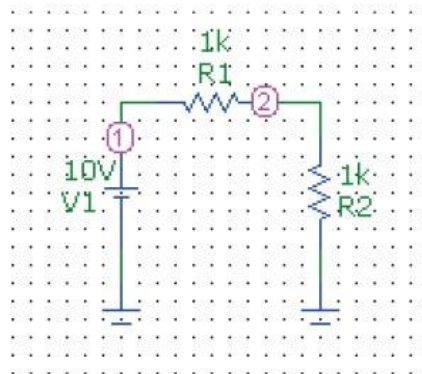


Рисунок 63 – Схема резистивного делителя напряжения

2. С помощью команды *Analysis\Transfer Function* вызвать окно параметров расчета передаточных функций. В этом окне задать имя входного источника сигнала *V1*, выражение для выходной величины *v(2)* – напряжение на 2 узле схемы, нажать клавишу *Calculate*. В полях *Transfer Function*, *Input Impedance* и *Output Impedance* показаны результаты расчета коэффициента передачи, входного импеданса со стороны источника, выходного импеданса со стороны 2 узла схемы (Рисунок 64).

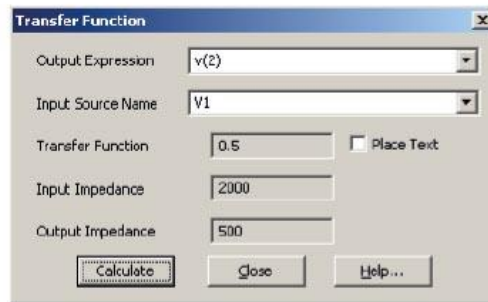


Рисунок 64 – Расчет передаточной функции

С помощью команды *Analysis\DC...* вызвать окно задания параметров расчета схемы на постоянном токе и задать имя входного источника *V1* и диапазон изменения его напряжения 10, 0, 0.5, что означает изменение напряжения источника от 0 до 10 В с шагом 0,5 В. В поле *Y Expression* задать измеряемую величину, например, ток через резистор *R2* – *i(R2)*, как изображено на Рисунке 65.

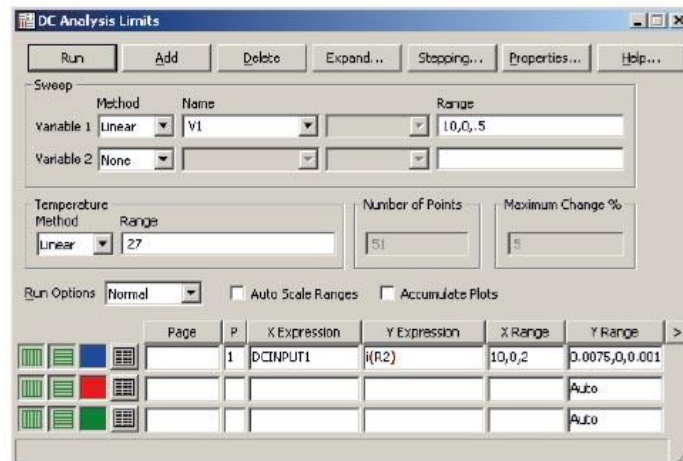


Рисунок 65 – Задание параметров расчета на постоянном токе

Нажав клавишу *Run*, выполнить расчет и вывести на экран график зависимости тока через резистор от напряжения источника. В результате расчета получается прямая линия, а максимальное значение тока, соответствующее напряжению источника 10 В, равно 5 мА. Координаты точки графика можно прочесть путем нажатия левой клавиши мыши на соответствующей точке графика.

Таким образом можно строить графики статических вольт-амперных характеристик, в том числе и нелинейных элементов. Полезное свойство программы – возможность отображать распределение потенциалов и токов непосредственно на принципиальной схеме. Для этого необходимо воспользоваться командами *Options\View\Node Voltages (States)* и *Options\View\Current* (Рисунок 66).

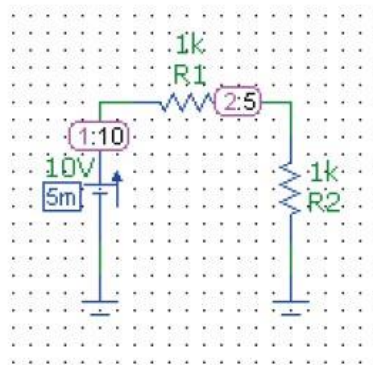


Рисунок 66 – Отображение распределения токов и напряжений на схеме

3. Создать схему для расчета статических ВАХ транзистора (Рисунок 67).

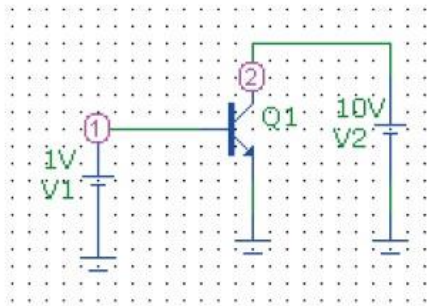


Рисунок 67 – Схема для измерения ВАХ транзистора

Для размещения на схеме транзистора 2N2222 воспользоваться командой *Component\Analog Primitives\Active Devices\NPN*. В окне параметров модели транзистора указаны значения, соответствующие типу прибора (Рисунок 68).

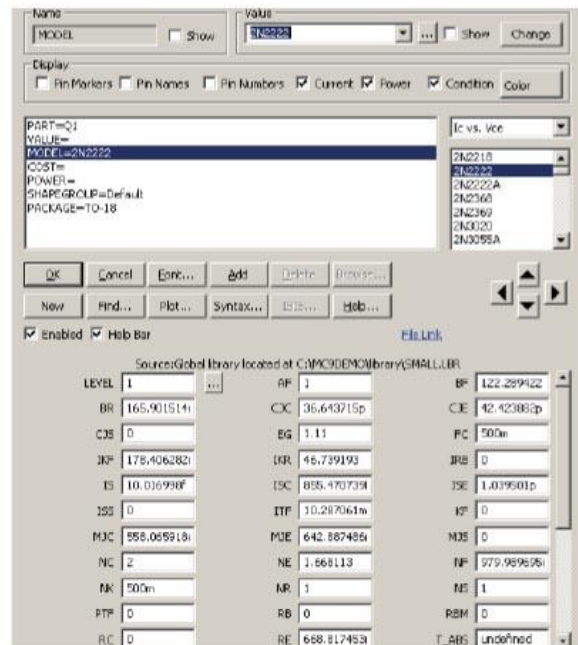


Рисунок 68 – Окно ввода параметров транзистора

Менять их не рекомендуется. Следует также заметить, что выходные ВАХ, а также ряд других характеристик транзистора можно построить непосредственно из этого окна, нажав кнопку *Plot*. Однако большую гибкость обеспечивает задание входной и выходной величины вручную. Для этого командой *Analysis\DC...* следует вызвать окно задание параметров расчета на постоянном токе и указать имя источника, напряжение которого следует варьировать, диапазон изменения напряжения, имя зависимой величины и диапазоны величин для отображения на графике (Рисунок 69).

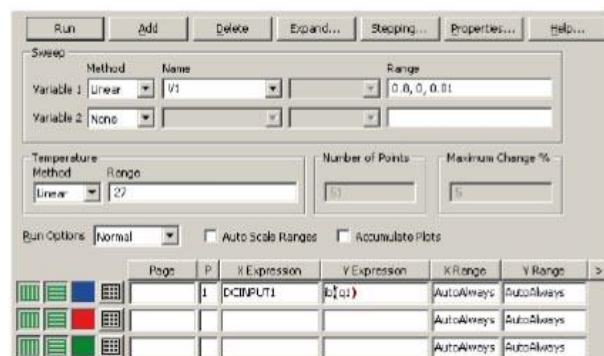


Рисунок 69 – Задание параметров расчета на постоянном токе

Для построения входной вольт-амперной характеристики в качестве варьируемого источника следует указать источник ЭДС в цепи базы $V1$, в качестве зависимой величины ток базы транзистора $ib(q1)$, диапазон изменения напряжения базового источника $0 \dots 0,8$ В. Результат расчета входной вольт-амперной характеристики представлен на Рисунке 70.

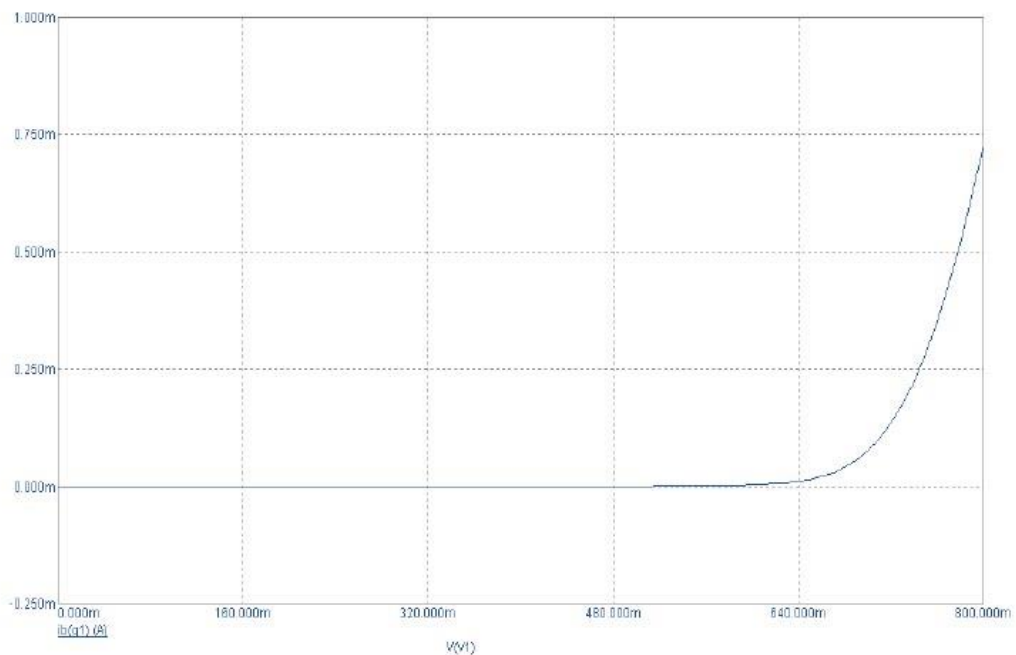


Рисунок 70 – Входная ВАХ транзистора

Если задать в качестве зависимой величины ток коллектора, то будет построен график передаточной характеристики транзистора – зависимости тока коллектора от напряжения база-эмиттер.

Для построения выходной вольт-амперной характеристики необходимо зафиксировать напряжение источника в цепи базы на уровне, соответствующем требуемому току коллектора. Из передаточной характеристики видно, что для обеспечения тока коллектора, например, 30 мА к базе относительно эмиттера необходимо приложить напряжение 0,75 В. В качестве источника с изменяемым в процессе расчета напряжением необходимо указать $V2$, а диапазон его изменения $0,1 \dots 15$ В. Результат расчета приведен на Рисунке 71.

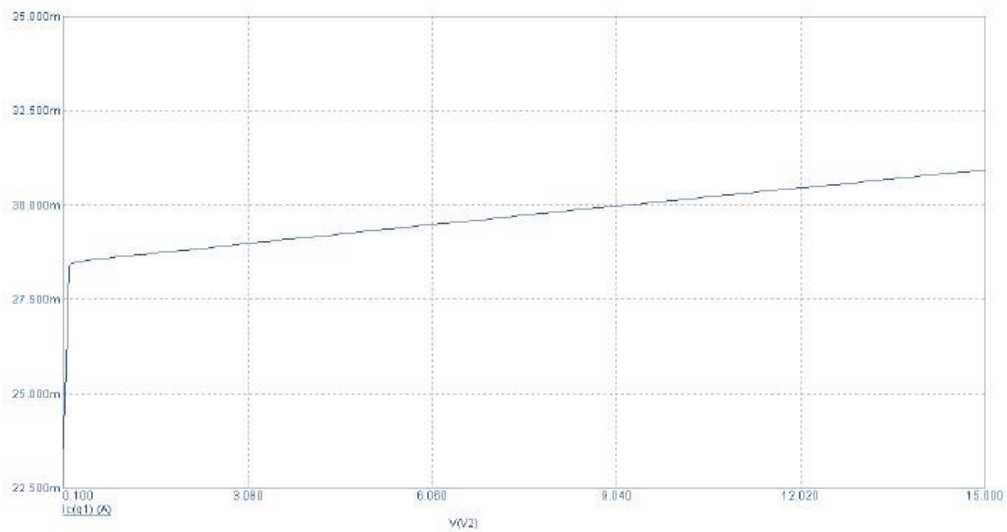


Рисунок 71 – Выходная ВАХ транзистора

Задание № 32. Исследование свойств усилительного каскада.

Исходные данные задаваемые преподавателем: тип транзистора, положение исходной рабочей точки ($U_{кэ0}$, $I_{к0}$), сопротивление резистора $R1$.

Ход выполнения задания:

1. Изобразить схему усилительного каскада, аналогичную приведенной на Рисунке 72. Вычислить напряжение источника $V2$, обеспечивающего при заданном сопротивлении $R1$ и токе $I_{к0}$ требуемое значение разности потенциалов $U_{кэ0}$. Вычисление выполнить по формуле $V2 = U_{кэ0} + I_{к0} R1$. Вычисленное значение установить в схеме.

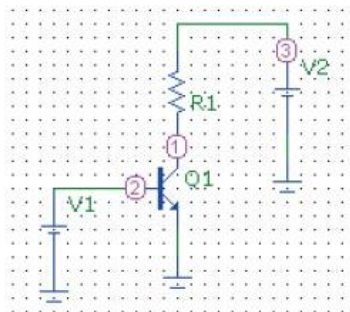


Рисунок 72 – Схема усилительного каскада

2. Исследовать ход сквозной передаточной характеристики транзистора. Для этого, выполняя расчет на постоянном токе, установить значение

напряжение источника $V1$, обеспечивающее требуемую разность потенциалов $U_{кэ0}$. Далее выбрать диапазон варьирования напряжения источника $V1$. При этом следует иметь в виду, что рабочая область управляющих напряжений база-эмиттер кремниевых транзисторов лежит в области 0,65...0,7 В. Поэтому для исследования СПХ диапазон изменения напряжения базового источника следует выбрать чуть шире – от 0,6 до 0,8 В. Выполняя анализ на постоянном токе построить СПХ – зависимость U_k от $U_{бэ}$.

3. По графику СПХ найти номинальное напряжение база-эмиттер, обеспечивающее требуемый ток коллектора. Оценить границы изменения напряжения источника $V1$, при которых наблюдается существенная зависимость коллекторного напряжения от напряжения база-эмиттер. При этом считать, что нижней границе напряжения $U_{бэ}$ соответствует напряжение на коллекторе близкое к напряжению питания (например $0,95E_n$), а верхней границе $U_{бэ}$ – напряжение на коллекторе, близкое к нулю (например $0,05E_n$).

4. Найти зависимость малосигнального коэффициента усиления от выходного напряжения. Для этого в нескольких точках СПХ найти приращения $dU_{вых} = dU_{кэ}$ и $dU_{вх} = dU_{бэ}$. На основании измеренных значений малосигнальных приращений, соответствующих значениям $U_{кэ}$, найти $K' = \frac{dU_{вых}}{dU_{вх}}$ и построить зависимость $K'(U_{вых})$.

5. Во входную цепь транзистора последовательно с источником $V1$ включить источник синусоидального сигнала *Component\Analog Primitives\Waveform Sources\Sine source*. В окне параметров источника указать его имя, например, *s1*, а также: амплитуду $A = 0,005$ В и частоту 1 кГц. Пример окна параметров источника синусоидального сигнала приведен на Рисунке 73.

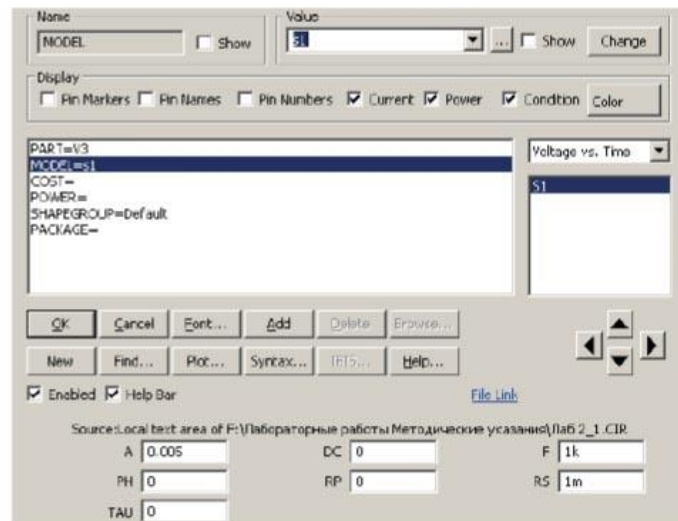


Рисунок 73 – Параметры источника синусоидального сигнала

Исследовать возникновение нелинейных искажений выходного сигнала. Для этого командой *Analysis\Distortion* вызвать окно параметров моделирования нелинейных искажений (Рисунок 74).

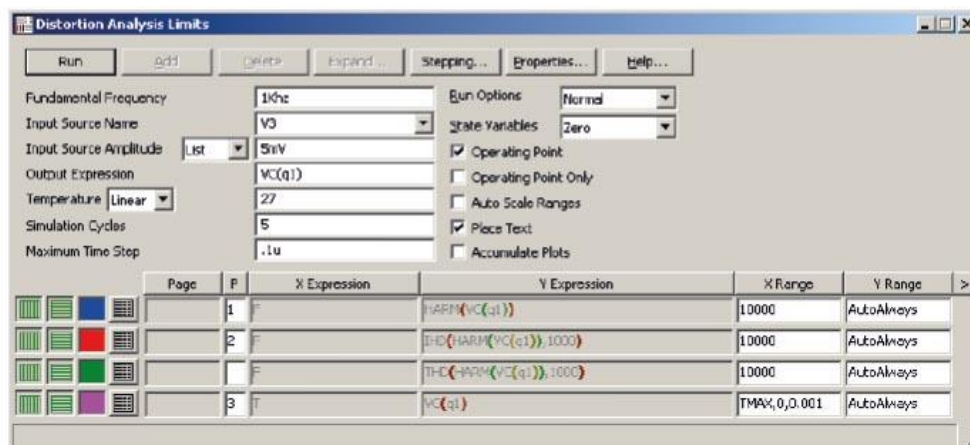


Рисунок 74 – Окно параметров расчета нелинейных искажений

В этом окне указать частоту основного сигнала 1 кГц, имя источника синусоидального сигнала, амплитуду входного сигнала 5 мВ, выходную величину (напряжение коллектора $vc(q1)$). В поле *P* указать номера выводимых характеристик: гармонического состава выходного напряжения, коэффициентов гармоник и временную зависимость выходного сигнала, как показано на Рисунке 74.

Запустив моделирование нажатием кнопки *Run*, получить графики спектра выходного сигнала, коэффициентов гармоник и временной зависимости выходного сигнала. Измерить уровни гармонических составляющих с номерами 1, 2 и 3, а также коэффициенты гармоник.

Измерения повторить для амплитуд входного сигнала 10, 15, 20, 25 и 50 мВ, задаваемых в окне параметров модулирования (изменять параметры источника сигнала на схеме необязательно). Обратить внимание на искажение формы сигнала с повышением амплитуды входного воздействия.

Построить графики зависимости коэффициентов 2 и 3 гармоник от выходного напряжения 1 гармоники, график зависимости 1 гармоники выходного сигнала от напряжения входного сигнала, зависимость интегрального коэффициента усиления от выходного сигнала 1 гармоники. Интегральный коэффициент усиления рассчитывается как отношение амплитуды 1 гармоники выходного сигнала к амплитуде входного сигнала.

6. Во входную цепь транзистора последовательно включить еще один источник гармонического сигнала с частотой 1,1 кГц для исследования

интермодуляционных искажений. Амплитуды источников гармонических сигналов установить равными 20 мВ. Командой *Analysis\Transient* вызвать окно параметров расчета во временной области (Рисунок 75).

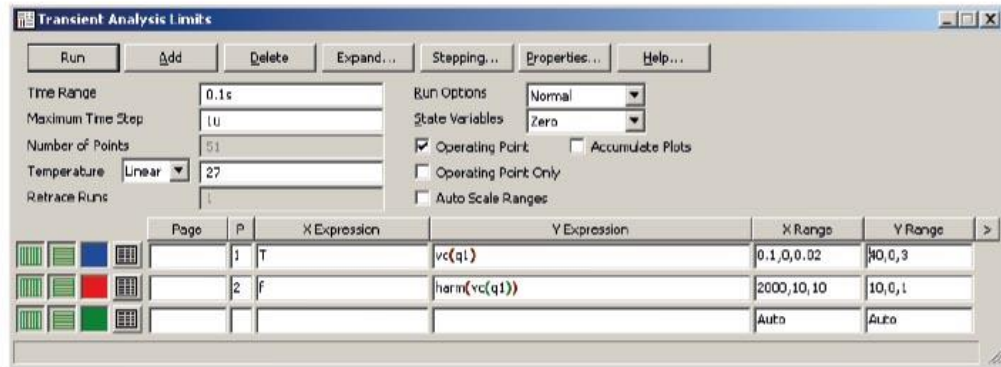


Рисунок 75 – Окно параметров расчета во временной области

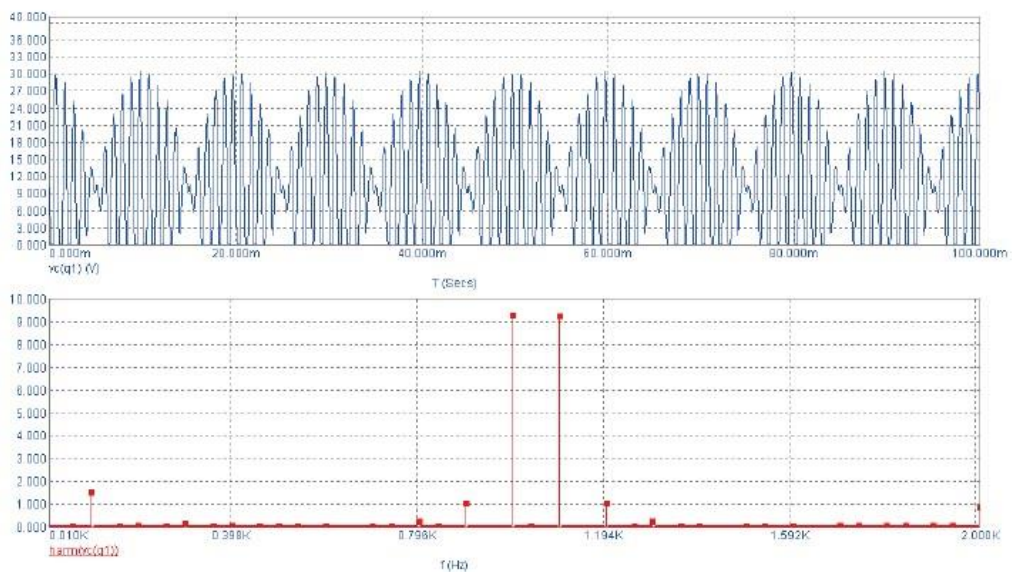


Рисунок 76 – Расчет интермодуляционных искажений

В этом окне указать временной интервал моделирования 0,1 с, шаг времени 1 мкс. В поле *Y Expression* указать выходную величину – напряжение на коллекторе транзистора для первого графика и спектр коллекторного напряжения для второго графика. В поле *X Expression* не забыть указать размерности горизонтальных осей для первого графика – время, для второго –

частота (Рисунок 75). Диапазоны отображения величин по осям в полях *X Range*, *Y Range* задать автоматические или подобрать в результате нескольких запусков расчета. В результате моделирования наблюдать временную зависимость выходного сигнала и спектральный состав выходного напряжения вблизи частот входных сигналов.

Пример результата расчета приведен на Рисунке 76.

По графику спектра найти уровень интермодуляционных составляющих относительно основных тонов и выразить его в децибелах $\Delta(\text{дБ}) = 20 \lg(\frac{U_{\text{вых осн}}}{U_{\text{вых им}}})$, где $U_{\text{вых осн}}$ – амплитуда составляющей выходного сигнала на частоте входного, $U_{\text{вых им}}$ – амплитуда интермодуляционной составляющей 3 порядка.

Задание № 33. Измерение параметров биполярных транзисторов.

Ход выполнения задания:

По команде *DC* в меню *Analysis* открываем окно задания параметров для анализа передаточных характеристик (Рис. 78). На этом рисунке заданы параметры для измерения семейства статических выходных характеристик биполярных транзисторов $I_c = F(U_{ce})$, при постоянных токах базы I_b , т.е. независимыми переменными (аргументами) являются U_{ce} и I_b , в соответствии с чем, к коллектору подключен источник постоянного напряжения V_1 к базе транзистора – источник постоянного тока I_1 (Рис. 77). На строках *Variable 1*, *Variable 2* указаны имена варьируемых источников, диапазон их изменений – на строках *Range*. По оси *X* откладывается напряжение коллектор – эмиттер транзистора $V_{ce}(Q_1)$, по оси *Y* – ток коллектора $I_c(Q_1)$. Расчет осуществляется по команде *Run*. Результаты моделирования приведены на Рисунке 79.

Параметры элементов схемы определяются преподавателем для каждого студента индивидуально.

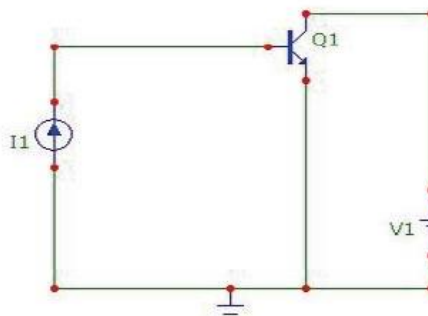


Рисунок 77 – Схема для измерения параметров биполярных транзисторов на постоянном токе

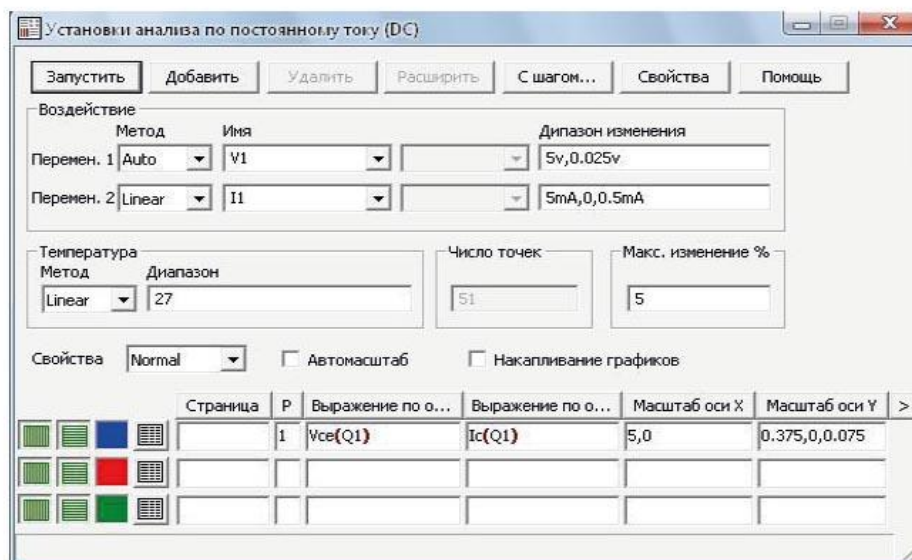


Рисунок 78 – Окно задания параметров для анализа передаточных характеристик

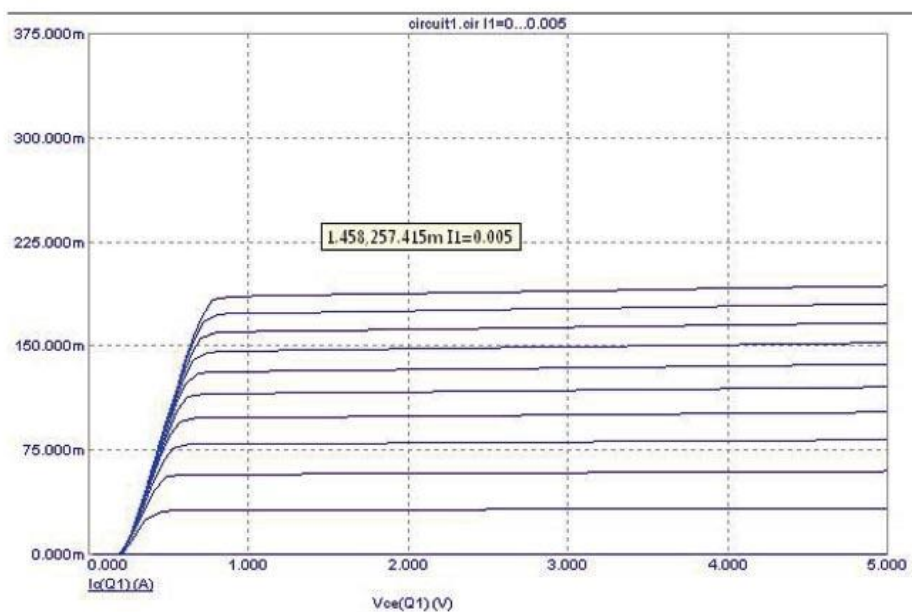


Рисунок 79 – Полученная статическая выходная характеристика биполярного транзистора

Отчет по Заданию №28 должен содержать в себе:

1. Схема для измерения параметров биполярных транзисторов на постоянном токе.
2. Параметры элементов схемы, заданные преподавателем.
3. Результаты проведенного измерения.
4. Полученная статическая выходная характеристика биполярного транзистора.
5. Выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 2.105 – 2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. Москва: Стандартинформ, 2019. - 35 с.
2. Радиолокационная станция обзора летного поля "Атлантика". ПАО «ЦНПО «Ленинец» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pro-leninets.ru/produksiya/radar/radiolocation-station-of-the-review-of-the-airfield-atlantic/> – (Дата обращения: 05.04.2022).
3. Федеральное агентство воздушного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.favt.ru/deyatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-reestr-grajdanskix-ajerodromov-rf> – Государственный реестр аэродромов и вертодромов гражданской авиации Российской Федерации. – (Дата обращения: 05.04.2022).
4. Е.М. Карчевский, И.Е. Филиппов, И.А. Филиппова. Word 2010 в примерах. Учебное пособие / Казанский университет, 2012. – 125 с.
5. Н. Д. Берман, Т. А. Бочарова, Н. И. Шадрина. MS PowerPoint 2010: учебное пособие / Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 88 с.
6. Кузнецов А.В. MS Excel. Освой на примерах. - СПб.: БХВ - Петербург, 2009. - 288 с.
7. Пузанкова Л.М., Стеклова Г.А., Трандафилова Т.П. Решение типовых математических задач средствами Microsoft Excel: учебно-методическое пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. - СПб., 2009. - 41 с.
8. Кирьянов, Д. В. MathCAD15/MathCAD Prime 1.0 / Д. В. Кирьянов. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 432 с.
9. Козлов, В. В. Решение математических задач в среде MathCAD: метод. указания к лабораторным работам / В. В. Козлов, В. В. Регеда, О. Н. Регеда. – Пенза: Издательство ПГУ, 2019. – 84 с.
10. Алексеев Е.Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова, Е.А. Рудченко. – М.: ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 269 с.
11. Голосков Д.П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple. – СПб.: Питер, 2004. – 539 с.
12. Стукалов, С. Б. Радиотехнические цепи и сигналы. Ч.1. Теория радиотехнических сигналов [Текст]: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов II курса специальности 25.05.03 всех форм обучения / С. Б. Стукалов; - Москва: Московский гос. техн. ун-т ГА, 2017. - 40 с.

13. Серебряков А.С. Электротехника и электроника. Лабораторный практикум на Electronics Workbench и Multisim. — М. Высш. школа 2009 — 335 с.
14. Пигарев А.Ю. Методические указания для выполнения индивидуальных расчетно-графических заданий на основе системы схемотехнического моделирования Multisim 9 / А.Ю. Пигарев; - Новосибирск: НГУЭиУ, 2009. – 35 с.
15. Схемотехника ЭВМ. Компьютерный анализ и синтез элементов и узлов ЦВМ на базе программного пакета MicroCAP-8. Учебное пособие. Сост. О.И. Курсанов, С.Г. Марковский, Л.А. Осипов, А.И. Попов. – С.Пб.: ГААП, 2007.