

Смоленский колледж телекоммуникаций (филиал)
федерального государственного образовательного бюджетного учреждения
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Контрольные задания и методические указания по выполнению

для студентов заочной формы обучения по специальностям:

210705 Средства связи с подвижными объектами

210709 Многоканальные телекоммуникационные системы

210723 Сети связи и системы коммутации

Смоленск

2014

Рассмотрено

На заседании цикловой комиссии
общепрофессиональных и
многоканальных телекоммуникационных
дисциплин
Протокол №_8_ от «_12_»_03_2014г.

Председатель  Т.В. Ващенко

Утверждаю

Заместитель директора по учебной работе



И.В. Иванешко

«_15_»_03_2014г.

Автор: Ващенко Т.В. – преподаватель высшей квалификационной категории СКТ (ф) СПбГУТ

Рецензент: Ляменкова А.В. – преподаватель высшей квалификационной категории

СКТ (ф) СПбГУТ

Приходько Л.П. – начальник службы технической поддержки ООО «СитиКом»

Учебно-методическая карта дисциплины «Теория электросвязи» для студентов заочной формы обучения

Разделы и темы	Учебная нагрузка		Обязательные учебные занятия при заочной форме обучения		Вид самостоятельной работы	Учебная литература	
	Максимальная	Самостоятельная, в т.ч. обязательная при очной форме обучения	аудиторные			Индекс	страницы
			Обзорные, установочные	Лабораторные работы, практические занятия			
Раздел 1. Общие сведения о системах электросвязи	20		1				
Тема 1.1. Введение. Основные понятия и определения.	5	5			Изучите основные понятия: информация, сообщение, сигнал, количественная мера информации, емкость канала. Приведите в конспекте структурную схему системы передачи информации, классификацию систем электросвязи по видам передаваемых сообщений и среды распространения. При изучении материала используйте основную, дополнительную литературу и Интернет ресурсы.	[5] [7]	4-16
Тема 1.2. Сигналы электросвязи и их спектры.	14	14			Изучите классификацию сигналов электросвязи, способы представления сигналов (временные, векторные и спектральные диаграммы), параметры аналоговых и цифровых сигналов. Приведите в конспекте спектры амплитуд и фаз периодических гармонических колебаний, спектры амплитуд и фаз периодической последовательности прямоугольных. Изучите особенности спектрального состава различных сигналов электросвязи (непериодических сигналов). Решите задачу № 1 ДКР 1	[1] [4] [5]	26-32 11-16 21_24, 27-30, 37-39
Раздел 2. Методы и устройства преобразования и формирования сигналов	29		2				
Тема 2.1. Преобразование гармонического и бигармонического сигналов в нелинейной цепи.	4	4			Изучите классификацию электрических цепей. Приведите в конспекте вольтамперную, ампервеберную и вольтфарадную характеристики нелинейных элементов. Проанализировать роль отрицательного	[2] [4] [5]	74-79 40-48 238-243

					сопротивления и его физический смысл. вольтметра. Приведите в конспекте назначение аппроксимации, ее разновидности, применение. Изучите методы гармонического анализа в нелинейных цепях.		
Тема 2.2. Умножение частоты.	12	10		2	Изучите процесс определения спектра отклика на гармоническое воздействие по заданным ВАХ методом проекций, методом угла отсечки. Приведите в конспекте принцип умножения частоты, простейшие схемы умножителей. Изучите построение спектральных диаграмм сигналов в различных точках схемы умножителя для заданных коэффициентов усиления, подготовьтесь к выполнению и защите лабораторной работы. Решите задачу №2 ДКР 1.	[4] [5]	40-48 231-241
Тема 2.3. Преобразование частоты.	4	4			Изучите основные принципы преобразования частоты, структурную и принципиальную схемы ПЧ, назначение элементов. Приведите в конспекте временные и спектральные диаграммы при преобразовании частоты. Изучите построение преобразователя на параметрических элементах, принцип построения систем передачи на основе преобразователей частоты.	[4] [5]	49-52 244-250, 338-345
Тема 2.4. Автоколебательные системы.	7	7			Изучите назначение, классификацию и требования к генераторам; обобщенную структурную схему, процесс самовозбуждения, условия самовозбуждения, режимы самовозбуждения. Приведите в конспекте схемы LC и RC автогенераторов. Используя работу с дополнительной литературой и Интернет-ресурсами изучите способы стабилизации частоты, формы и мощности генерируемых колебаний.	[4]	77-86
Раздел 3. Формирование и детектирование модулированных сигналов	27		4				
Тема 3.1. Амплитудная модуляция.	5	5			Изучите назначение модуляции, виды несущих колебаний; модуляционные характеристики и их применение; виды амплитудной модуляции, временные и спектральные диаграммы при различных видах АМ и при детектировании АМ колебаний. Приведите в конспекте математические модели АМ сигналов, схемы амплитудных модуляторов и детекторов.	[1] [4] [5]	60-61 54-65 252-265

					Работа с дополнительной литературой и Интернет ресурсами с целью определения применения АМ в технике электросвязи.		
Тема 3.2. Частотная модуляция.	14	12		2	Изучите принцип частотной модуляции, временные и спектральные диаграммы. Проанализируйте, от чего зависит спектр ЧМ сигнала и его ширина. Приведите в конспекте схемы частотных модуляторов. Работа с дополнительной литературой и Интернет ресурсами с целью определения применения ЧМ в технике электросвязи. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы. Решите задачу №3 ДКР 1	[4] [5]	67-73 269-280, 283-284
Тема 3.3. Фазовая модуляция.	4	4			Изучите принцип фазовой модуляции, временные и спектральные диаграммы. Приведите в конспекте схемы фазовых модуляторов, схемы детекторов ФМ и ЧМ колебаний. Работа с дополнительной литературой и Интернет ресурсами с целью определения применения ФМ в технике электросвязи.	[4] [5]	73-75 277-283, 285-292
Раздел 4. Принципы построения цифровых систем передачи.	22		2				
Тема 4.1. Функциональная схема цифровой системы передачи.	2	2			Изучите достоинства цифровых методов передачи. Приведите в конспекте структурные схемы цифровых систем передачи дискретных и непрерывных сигналов. Работа с дополнительной литературой и Интернет ресурсами с целью определения видов и параметров цифровых сигналов.	[4]	95-99 www.twirpx.com/file/113220
Тема 4.2. Цифровое представление аналоговых сигналов.	14	12		2	Изучите процессы дискретизации, квантования, кодирования сигналов. Сформулируйте теорему Котельникова В.А., уясните условия ее выполнения. Приведите в конспекте процесс формирования ИКМ сигнала, формулу для определения скорости цифрового потока и поясните ее. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы. Решите задачу №4 ДКР 1	[4] [5]	88-99 39-43
Тема 4.3. Дельта модуляция.	4	4			Изучите принцип дельта-модуляции, ее особенности. Решение задач по преобразованию непрерывного сигнала в ДМ сигнал. Дайте сравнительную характеристику ДМ и ИКМ.	[2] [5]	163-165 302-305
Раздел 5. Помехоустойчивое кодирование.	26		2				
Тема 5.1. Основные принципы помехоустойчивого	6	6			Изучите основные принципы помехоустойчивого	[1]	73-76, 115-117

кодирования.					кодирования. В конспекте приведите классификацию методов кодирования, помехоустойчивых кодов, корректирующих кодов. Используйте при изучении рекомендованную литературу и Интернет ресурсы. Изучите определение исправляющей способности кода при различном расстоянии Хэмминга. Решите задачу №4 ДКР 2 (вариант 3)	[6] [8]	
Тема 5.2. Блочные коды.	6	6			Изучите методы блочного кодирования. Уясните, какие коды называют систематическими, линейными, циклическими, используя рекомендованную литературу и Интернет ресурсы. Подготовьте конспект. Изучите принцип кодирования и определение исправляющей способности кода Рида-Соломона. Решите задачу №4 ДКР 2 (вариант 2)	[1] [5] [6] [8]	77-85 117-123
Тема 5.3. Сверточное кодирование.	6	6			Изучите методы сверточного кодирования и декодирования. Уясните принцип построения решетчатых диаграмм. Работа с дополнительной литературой и Интернет ресурсами. Решите задачу №4 ДКР 2 (варианты 1,5)	[1] [4] [6] [8]	103-106 123-124
Тема 5.4. Исправление пакетных ошибок.	6	6			Изучите эффективные методы уменьшения влияния пакетных ошибок (перемежение, депережевание). Приведите в конспекте пример выполнения перемежения и депережевания. Уясните определение максимальной пакетной ошибки, исправляемой системой помехоустойчивого декодирования. Решите задачу №4 ДКР 2 (варианты 4,6)	[4] [5] [6] [7] [8]	107-108, 125-126 124-125
Раздел 6. Основы теории цифровой модуляции и детектирования.	35		4				
Тема 6.1. Общие сведения о цифровой модуляции.	6	6			Изучите основные понятия цифровой модуляции. Приведите в конспекте структурную схему системы передачи с модуляцией цифровым сигналом и поясните назначение элементов; структурную схему когерентного и некогерентного демодуляторов. Работа с основной и дополнительной литературой, подготовка ответов по изучаемой теме, выполнение упражнений по построению корреляционного приемника.	[5]	305-309
Тема 6.2. Базовые виды цифровой модуляции.	9	7		2	Изучите основные виды цифровой модуляции ASK, FSK, PSK; детекторы сигналов с цифровой	[2] [4]	125-136 130-133

					модуляцией. Работа с основной и дополнительной литературой, подготовка ответов на вопросы по изучаемой теме. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы. Решите задачу №4 ДКР 2 (вариант 9)		
Тема 6.3. Цифровые виды модуляции на основе квадратурной модуляции.	8	8			Изучите цифровые виды модуляции на основе квадратурной модуляции. В конспекте приведите функциональную схему формирования QPSK радиосигнала. Проанализируйте пропускную способность и помехоустойчивость многопозиционных видов модуляции. Работа с основной и дополнительной литературой. Решите задачу №4 ДКР 2 (вариант 10)	[2] [4]	136-139 65-67, 127-130
Тема 6.4. Метод частотного уплотнения несущих.	8	8			Изучите причину возникновения межсимвольных искажений и способы защиты от них; принцип многочастотной модуляции OFDM. Приведите в конспекте структурные схемы передающей и приемной частей систем с OFDM, спектр и достоинства OFDM. Работа с основной и дополнительной литературой, подготовка ответов на вопросы по изучаемой теме. Решите задачу №4 ДКР 2 (варианты 7,8)	[4]	141-144 www.twirpx.com/file/13220
Раздел 7. Каналы связи.	39		1				
Тема 7.1. Основные характеристики каналов передачи.	6	6			Изучите типы и характеристики каналов передачи, преобразование сигналов в каналах. Уясните принцип воздействия на полезный сигнал аддитивных и мультипликативных помех. Приведите в конспекте значение термина «пропускная способность канала связи» и как ее определить. Работа с дополнительной литературой и Интернет ресурсами.	[4] [8]	166-170
Тема 7.2. Проводные линии.	16	14		2	Изучите свойства цепей с распределенными параметрами, физический смысл первичных и вторичных параметров, их зависимость от частоты. Приведите в конспекте режимы работы длинных линий. Работа с основной и дополнительной литературой. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы. Решите задачи №1,2 ДКР 2	[4] [5]	145-155 182-202
Тема 7.3. Волоконно-оптические кабельные линии.	8	8			Изучите конструктивные особенности волоконно-оптических линий связи, их	[4] [5]	159-163 221-226

					достоинства и недостатки, области применения. Работа с Интернет ресурсами Решите задачу №3 ДКР 2		
Тема 7.4. Радиолинии.	4	4			Изучите использование радиолиний при передаче информации, достоинства и недостатки, причины возникновения искажений и способы защиты от них. Работа с основной и дополнительной литературой, Интернет ресурсами.	[4]	163-165
Тема 7.5. Волноводы.	4	4			Изучите конструкцию волноводов, их разновидности, процесс передачи электромагнитной энергии по волноводу, типы волн, способы возбуждения волноводов, достоинства и недостатки. Работа с основной и дополнительной литературой.	[4] [5]	155-159 207-221
ИТОГО	198	172	16	10			

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Общие указания

Для успешного усвоения программы дисциплины Теория электросвязи предусмотрено выполнение двух домашних контрольных работ (ДКР). Необходимо руководствоваться методическими указаниями по их выполнению и указанной литературой.

Каждая ДКР состоит из четырех заданий для десяти вариантов. Задания составлены по основным темам дисциплины согласно рабочей программы, утвержденной заместителем директора по учебной работе Иванешко И.В. 02.09.2013г. Номер варианта определяется шифром студента.

Ответы нужно приводить по существу вопроса, краткими, но полными. ДКР нужно оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД. Схемы, рисунки, таблицы должны иметь отдельную сквозную нумерацию. Рисунки должны содержать подрисовочную надпись. Нумерация страниц сквозная по всей работе.

После выполнения ДКР необходимо привести список использованной литературы, поставить дату и подпись.

При получении зачтенной контрольной работы нужно после рецензии внести исправления и дополнения в ответы в соответствии с замечаниями рецензента.

В незачтенной ДКР необходимо выполнить работу над ошибками по замечаниям и прислать на повторную проверку.

Допускается выполнение ДКР на печатных листах, размер шрифта не менее 12, Times New Roman.

К проверке не принимаются работы с элементами ксерокопирования, работы-ксерокопии, сканированные работы.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №1.

Задача 1.

1. Рассчитайте и постройте временные и спектральные диаграммы для периодической последовательности прямоугольных импульсов при различных значениях скважности.

Исходные данные:

Таблица 1.

Номер варианта	Параметр сигнала			
	f, кГц	q ₁	q ₂	U _m , В
1	40	3	6	3
2	5	2	4	1
3	8	4	5	1
4	10	5	3	2
5	15	3	2	1,5
6	25	6	4	2,5
7	35	3	7	1,5
8	30	4	3	3,5
9	20	5	2	3
10	40	2	6	4

Методические указания по выполнению задачи 1.

Перед выполнением изучите материал [5 с. 21-24, 37-39; 4 с. 11-16].

Временные диаграммы сигналов изобразите в масштабе, предварительно определив период следования по формуле:

$$T = \frac{1}{f}, \text{с}$$

Рассчитать спектральный состав сигналов для q_1 и q_2 можно с помощью алгоритма.

Алгоритм расчета:

- рассчитать величину постоянной составляющей

$$U_{01} = \frac{U_m}{q_1} \qquad U_{02} = \frac{U_m}{q_2}$$

- частотный интервал между гармониками $\Delta f = f$ равен частоте первой гармоники (частоте основного колебания).

- номер гармоники, амплитуда которой первый раз обращается в нуль и частоту этой гармоники

$$k_{01} = q_1 \qquad k_{02} = q_2$$

- амплитуды гармонических составляющих и их частоты: $U_{mk} = \frac{2U_m}{k\pi} \sin \frac{k\pi}{q}$. Результаты

расчетов сведите в таблицу. Количество гармоник определяется в зависимости от q .

Например $q_1 = 2$. Значит таблица будет выглядеть следующим образом.

Таблица 2.

U_{mk}	$q_1 = \dots 2.$	$q_2 = \dots 3.$	f_k
k=1	$U_{m1} =$	$U_{m1} =$	$f_{1=}$
k=2	$U_{m2} =$	$U_{m2} =$	$f_{2=}$
k=3	$U_{m3} =$	$U_{m3} =$	$f_{3=}$
k=4	$U_{m4} =$	$U_{m4} =$	$f_{4=}$
k=5		$U_{m5} =$	$f_{5=}$
k=6		$U_{m6} =$	$f_{6=}$

- начало огибающей лепестка

$$U_{m0_1} = \frac{2U_m}{q_1} \qquad U_{m0_2} = \frac{2U_m}{q_2}$$

Расчет необходимо произвести для двух лепестков.

Пример построения временных и спектральных диаграмм.

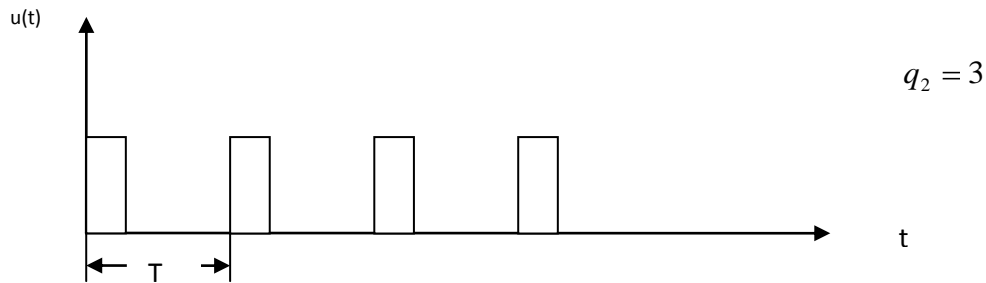
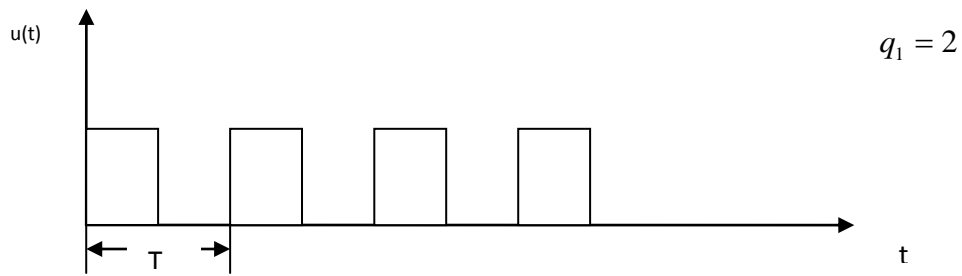


Рисунок 1. Временные диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов с $q_1 = 2$ и $q_2 = 3$.

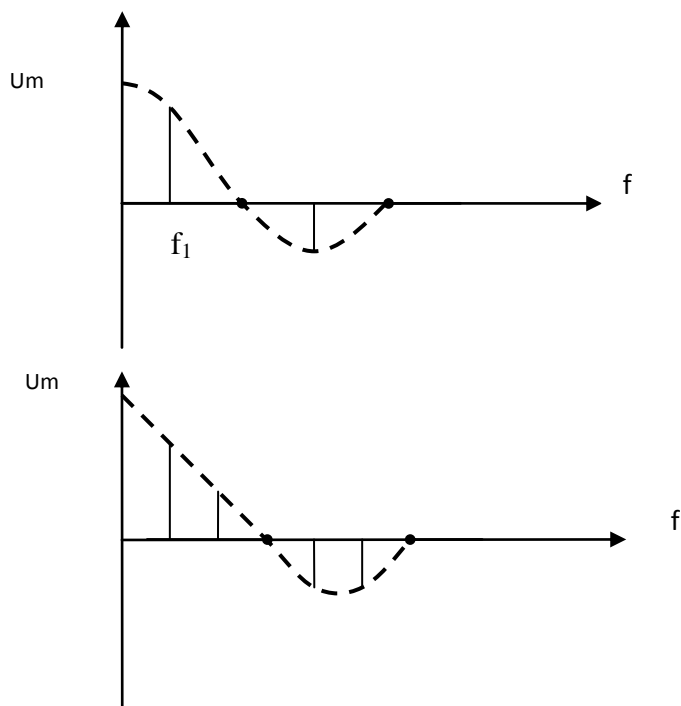


Рисунок 2. Спектры амплитуд

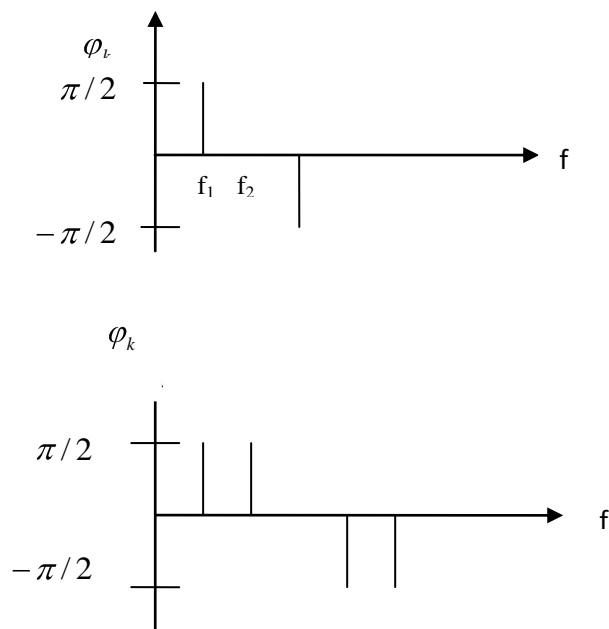


Рисунок 3. Спектры фаз

Задача 2.

1. Поясните суть аппроксимации вольтамперных характеристик нелинейных элементов, перечислите основные виды аппроксимации и дайте их краткую характеристику.
2. Выполните аппроксимацию вольтамперной характеристики нелинейного элемента заданной в таблице 3 полиномом 2-ой степени.
3. Дайте определение угла отсечки. По заданным исходным данным таблицы 4 определите угол отсечки, коэффициенты Берга и спектральный состав отклика.

Таблица 3.

№ Вар.	u, В					i, мА				
	1	0	-1	-2	-3	-4	14	5	3	1
2	0	-1	-2	-3	-4	10	4	2	0,5	0
3	0	-1	-2	-3	-4	8	3	1	0,3	0
4	0	-1	-2	-3	-4	13	7	4	2	0
5	1	0	-1	-2	-3	10	6	3	1	0
6	1	0	-1	-2	-3	16	5	2	0,5	0
7	1	0	-1	-2	-3	14	9	4	2	0
8	1	0	-1	-2	-3	15	11	3	1	0
9	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	6	2	1	0,5	0
10	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	5	3	1,5	1	0

Таблица 4.

Номер варианта	Напряжение запираания НЭ, U_0 , В	Входное напряжение $U = E + u_0 \cos \omega t$ при $\cos \omega t = 2\pi \cdot 10^3$
1	0,5	$0 + 0,7 \cos \omega t$
2	0,4	$0,1 + 0,6 \cos \omega t$
3	0,3	$0,05 + 0,6 \cos \omega t$
4	0,2	$0 + 0,6 \cos \omega t$
5	0	$0,1 + 0,5 \cos \omega t$
6	0,3	$-0,2 + 0,8 \cos \omega t$
7	0,4	$-0,1 + 0,7 \cos \omega t$
8	0,3	$-0,3 + 0,9 \cos \omega t$
9	0,2	$-0,1 + 0,8 \cos \omega t$
10	0,4	$0 + 0,7 \cos \omega t$

Методические указания по выполнению задачи 2.

Теоретический материал следует проработать по [5 с.231-241; 4 с. 40-48].

Для выполнения второго задания необходимо выполнить аппроксимацию вольтамперной характеристики НЭ полиномом второй степени, так как будем считать, что рабочая область охватывает небольшой участок ВАХ. Коэффициенты полинома определяются после решения системы уравнений так, что в пределах рабочей области парабола как можно ближе подходила к аппроксимирующей ВАХ. Квадратичная аппроксимация применяется для анализа нелинейных процессов как простейшая и наиболее точная при сравнительно небольшой рабочей области.

Решение конкретной задачи

1. Для вольт-амперной характеристики, заданной в табл.3 проведем полиномиальную аппроксимацию для заданного рабочего участка с помощью полинома второй степени

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2.$$

Для этого составим систему уравнений, подставив вместо напряжений и токов данные, аналогичные табл.3

u, В	0	-1	-2	-3	-4
i, мА	16	4	2	1	0

$$16 = a_0$$

$$2 = a_0 - 2a_1 + 4a_2$$

$$0 = a_0 - 4a_1 + 16a_2$$

После решения системы уравнений получаем $a_0 = 16$ мА,

$$a_1 = 10 \frac{\text{мА}}{\text{В}}; \quad a_2 = 1,5 \frac{\text{мА}}{\text{В}^2}.$$

Тогда полином 2-й степени для заданного участка ВАХ запишется как $i = 16 + 10u + 1,5u^2$.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) аппроксимирована (заменена) отрезками прямых, касательных к реальной характеристике в большинстве точек. Рабочая точка (задано смещение E) выбрана вблизи нижнего изгиба ВАХ и амплитуда входного переменного напряжения достаточно велика. Таким образом, реальную ВАХ заменяем линейно-ломаной, составленной из отрезков прямых линий.

ВАХ задаем системой уравнений двух прямых

$$i = \begin{cases} S_0 (u - u_0) & \text{при } u \geq u_0 \\ 0 & \text{при } u \leq u_0, \end{cases}$$

где S_0 – крутизна (угловой коэффициент) линеаризованного участка ВАХ.

$$S_0 \approx \operatorname{tg} \beta = \frac{di}{du} = 10 \text{ мА/В} \text{ для всех вариантов задания, тогда}$$

$\beta \approx 84^\circ$ – это наклон ВАХ к горизонтальной оси.

На вход подается гармоническое напряжение

$$u = E + u_m \cos \omega t.$$

Напряжение запирающего активного элемента u_0 и входное заданы в табл. 4 исходных данных.

Напряжение смещения определяет положение рабочей точки на ВАХ. Через нелинейный элемент протекает ток при условии, что $u_{вх} > u_0$, т.е. нелинейный элемент работает с отсечкой. Такой режим характеризуется углом отсечки θ . θ – половина той части периода, в течение которой через нелинейный элемент протекает ток и выражается в градусах (если $u_{вх}$ гармоническое синусоидальное).

Тогда, если в * подставить $u(1)$, то получим при $\omega t = 0$, ток $i = 0$
 $i = S_0 (E + u_m \cos \omega t - u_0) = S_0 E + S_0 u_m \cos \theta - S_0 u_0 = 0$

$$\cos \theta = \frac{u_0 - E}{u_m}$$

Сигнал на выходе НЭ получается периодический и содержит при разложении в ряд Фурье в своем составе гармонические колебания с различными частотами.

Постоянную составляющую и амплитуды гармоник найдем по углу отсечки

$$I_{m n} = S_0 u_m \gamma_n(\theta),$$

где $\gamma(\theta)$ – коэффициенты, определяющие относительную интенсивность постоянной составляющей первой, второй и т.д. гармоник;

n – номер гармоники

Реально учитываем $n = 0, 1, 2, 3$. Тогда для построения спектра отклика $I_0 = S_0 u_m \gamma_0(\theta)$, $I_1 = S_0 u_m \gamma_1(\theta)$ и т.д.

Рассмотрим решение конкретной задачи

Номер варианта	Дано	$u_0 = 0,3 \text{ В}$	$u = 0,2 + 0,5 \cos \omega t, \text{ В}$
	Результаты расчетов	$\cos \theta = 0,2; \quad \theta = 78^\circ$ $\gamma_0 = 0,2; \quad \gamma_1 = 0,4; \quad \gamma_2 = 0,21; \quad \gamma_3 = 0,04;$ $I_0 = 1; \quad I_1 = 2; \quad I_2 = 1,05; \quad I_3 = 0,2 \text{ (мА)}$	

1. На миллиметровке в масштабе строим вольт-амперную характеристику нелинейного элемента. Для этого на горизонтальной оси откладываем $u = 0,3 \text{ В}$ – напряжение запирающего (отсечки),

Проводим наклонную ветвь ВАХ под углом 84° , так как крутизна $S = 10 \text{ мА/В}$. Затем отмечаем $E = 0,2 \text{ В}$ – смещение (выбор рабочей точки) и подаем на вход НЭ гармонический сигнал с $u_m = 0,5 \text{ В}$. Делаем засечки на вертикальной оси ωt на уровне напряжения запирающего u_0 и переносим их на горизонтальную ось ωt для построения отклика (выходного тока).

Зависимость коэффициента гармоник γ_n от угла отсечки θ

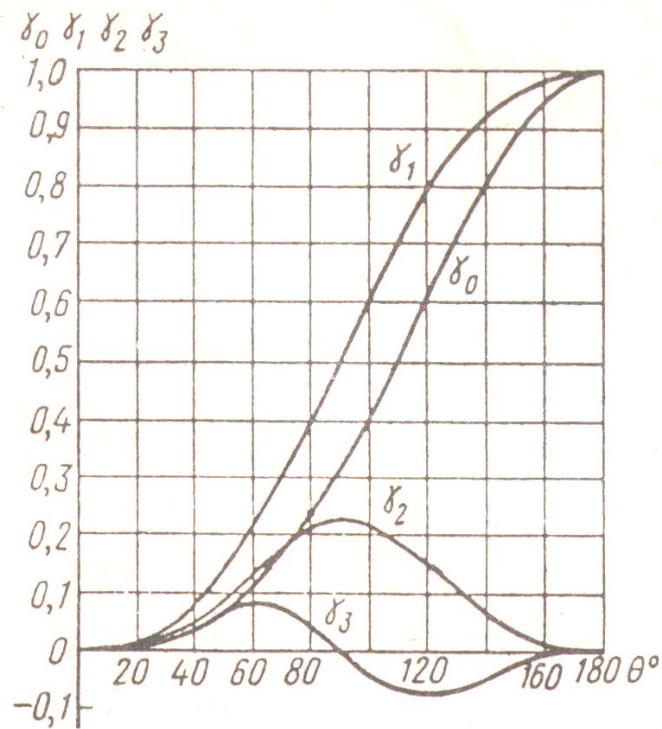


Рисунок 4. Коэффициенты Берга

2. Для расчета и определения угла отсечки и зная, что ВАХ аппроксимирована отрезками прямых

$$i = \begin{cases} S(u - u_0) * & \text{при } u \geq u_0 \\ 0 & \text{при } u \leq u_0, \end{cases}$$

$$i = \begin{cases} 10(u - 0,3) * & \text{при } u \geq 0,3 \\ 0 & \text{при } u \leq 0,3, \end{cases}$$

где $u_0 = 0,3$ – напряжение запираения.

$$\cos\theta = \frac{u_0 - E}{u_m} = \frac{0,3 - 0,2}{0,5} = 0,2.$$

Отсюда $\theta = 78^\circ$. Затем определяем коэффициенты $\gamma_0 = 0,2$; $\gamma_1 = 0,4$; $\gamma_2 = 0,21$ $\gamma_3 = 0,04$.

Тогда $I_{mn} = S_0 u_0 \gamma_n(\theta)$

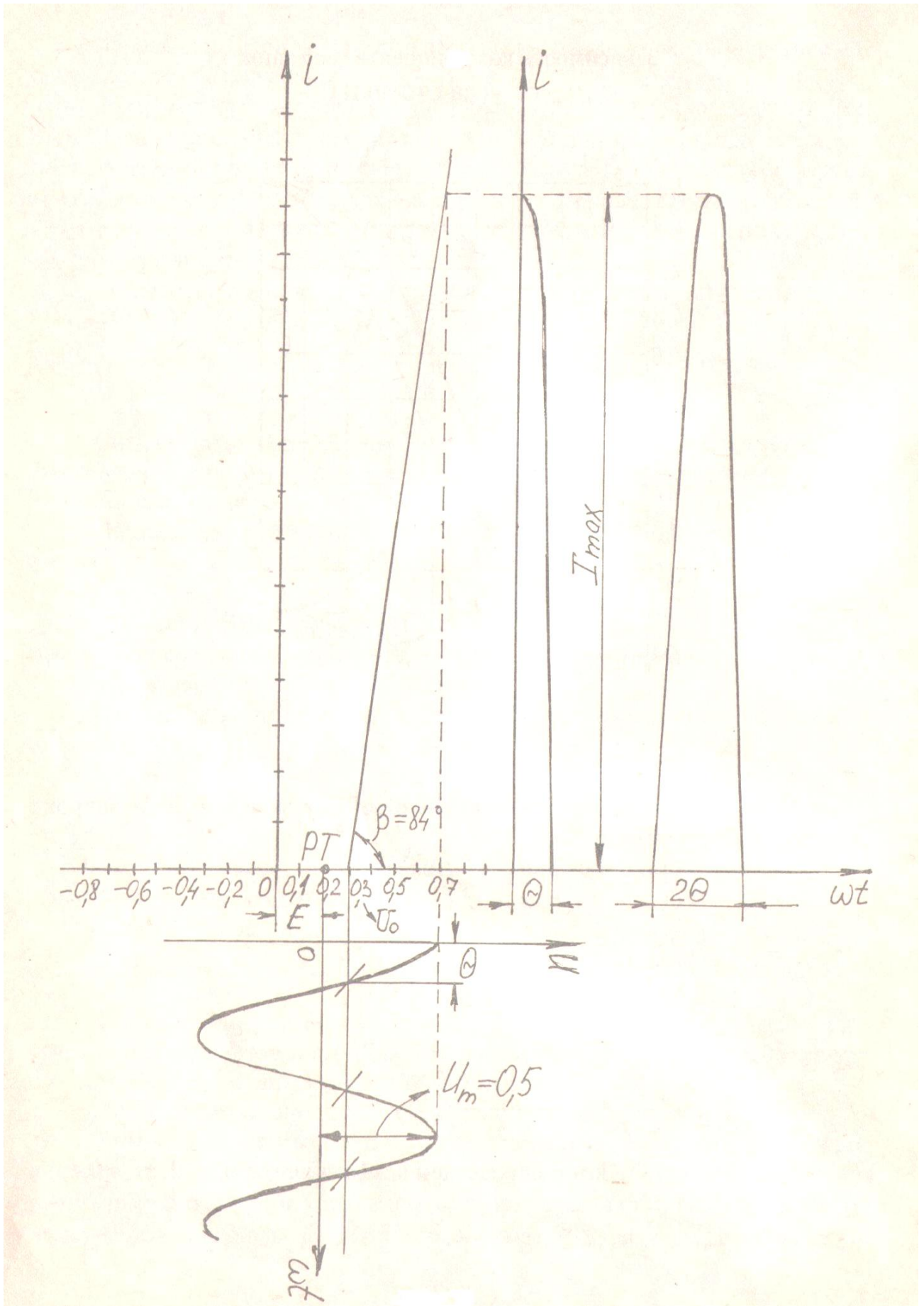


Рисунок 5.

Тогда $I_{mn} = S_0 u_0 \gamma_n(0)$.
 $I_0 = 10 \cdot 0.5 \cdot 0.2 = 1.0$ мА
 $I_1 = 10 \cdot 0.5 \cdot 0.4 = 2.0$ мА
 $I_2 = 10 \cdot 0.5 \cdot 0.21 = 1.05$ мА
 $I_3 = 10 \cdot 0.5 \cdot 0.04 = -0.2$ мА

Задача 3.

1. Поясните сущность частотной модуляции и запишите математическую модель ЧМ сигнала, если модулирующий сигнал имеет гармоническую форму.
2. Поясните, что такое девиация частоты, индекс модуляции. Приведите расчетные формулы для определения этих величин.
3. Рассчитайте и постройте спектр частотно-модулированного сигнала в соответствии с исходными данными.
4. Определите ширину спектра ЧМ сигнала и покажите ее на диаграмме.

Исходные данные:

Таблица 5.

Вар.	к, крад/В·с	U_{mi} , В	F, кГц	f_0 , кГц	U_H , В
1	15	10	4	400	8
2	12.5	4	2	200	7
3	8	7	3	300	8
4	22.5	7	5	500	10
5	11	4	2	120	9
6	10	5	1	100	10
7	14	4	3	300	10
8	23	6	3	400	9
9	10	2.5	1	130	8
10	10.5	6	2	250	9

Методические указания по выполнению задачи 3.

Для ответов на вопросы изучите материал [5 с. 269-280; 4 с. 67-73].

Девиация частоты прямо пропорциональна амплитуде модулирующего сигнала

$$\Delta\omega = k \cdot U_{mi}, c^{-1}, \text{ где } k - \text{коэффициент пропорциональности.}$$

$$\Delta f = \frac{\Delta\omega}{2\pi}, \text{ Гц}$$

Индекс частотной модуляции определяется по формуле

$$M = \frac{\Delta f}{F}$$

Рассчитать полосу частот по формулам:

$$\text{от } f_0 - \Delta f - F \text{ до } f_0 + \Delta f + F.$$

Для расчета спектра ЧМ сигнала при модуляции гармоническим сигналом, необходимо воспользоваться графиками функции Бесселя. Значения функций Бесселя определяются в соответствии с рассчитанным индексом М.

Амплитуды спектральных составляющих ЧМ сигнала определяются по формуле:

$$U_n = J_n(M) \cdot U_H$$

Пример расчета спектра ЧМ сигнала.

Таблица 6.

k, град/В·с	U_{mi} , В	F, кГц	f_0 , кГц	U_H , В
20	8	4	350	8

$$\Delta\omega = k \cdot U_{mi}, c^{-1} \quad \Delta\omega = 20 \cdot 10^3 \cdot 8 = 16 \cdot 10^4, c^{-1}$$

$$\Delta f = \frac{\Delta\omega}{2\pi}, Гц \quad \Delta f = \frac{16 \cdot 10^4}{2\pi} = 25.5 \cdot 10^3, Гц$$

$$M = \frac{\Delta f}{F} \quad M = \frac{25.5 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^3} = 6.3 \approx 6$$

$$f_0 - \Delta f - F = 350 \cdot 10^3 - 25.5 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3 = 320.5 кГц$$

$$f_0 + \Delta f + F = 350 \cdot 10^3 + 25.5 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3 = 379.5 кГц$$

Таблица 7.

J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9
0,17	-0,3	-0,24	0,1	0,34	0,35	0,37	0,12	0,05	0,01

Амплитуды спектральных составляющих $U_n = J_n(M) \cdot U_H = J_0 \cdot 8 = 0.17 \cdot 8 = 1.36 В$
и так все остальные.

Таблица 8.

U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
1,36	-2,4	-1,92	0,8	2,72	2,8	2,96	0,96	0,4	0,08

Ширина спектра $\Delta f_{ЧМ} = 2F(M + 1) = 2 \cdot 4 \cdot 10^3 (6 + 1) = 56 кГц$

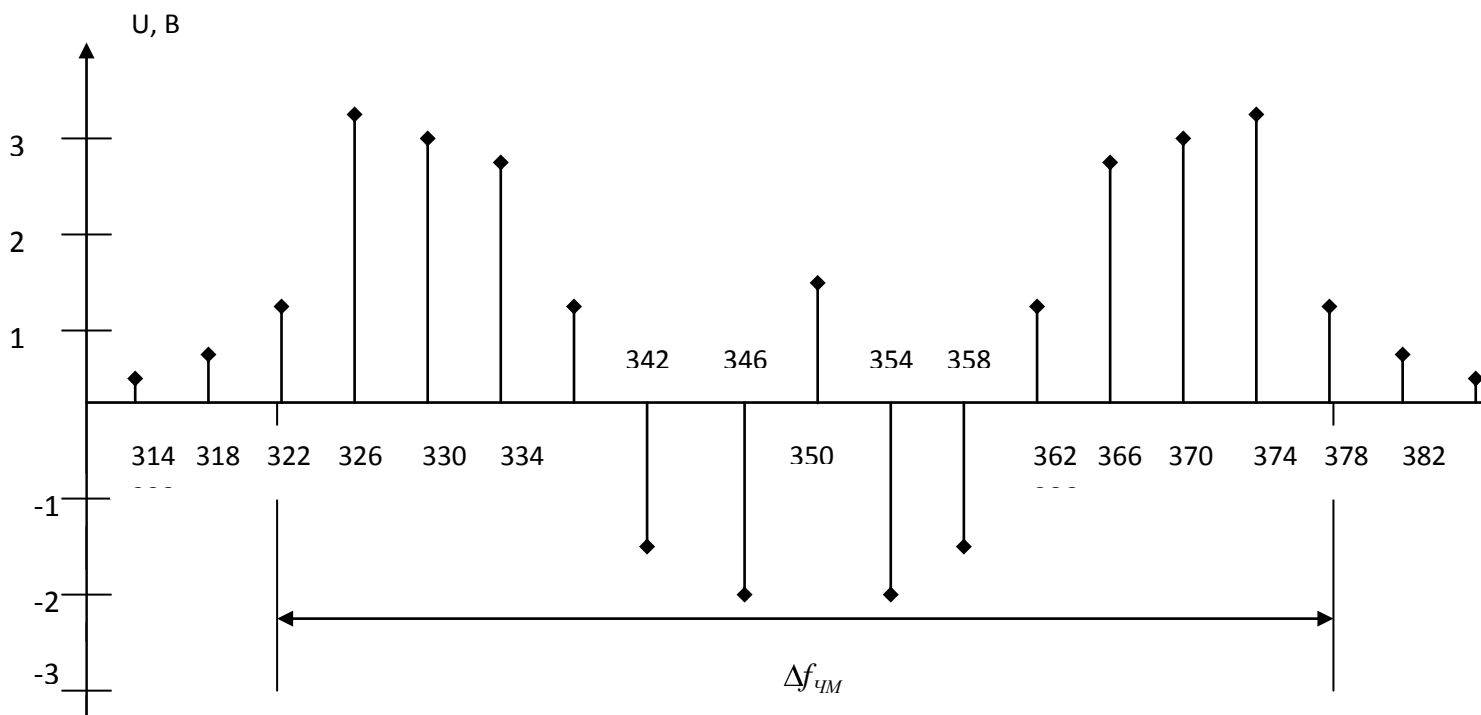


Рисунок 6. Спектр ЧМ сигнала.

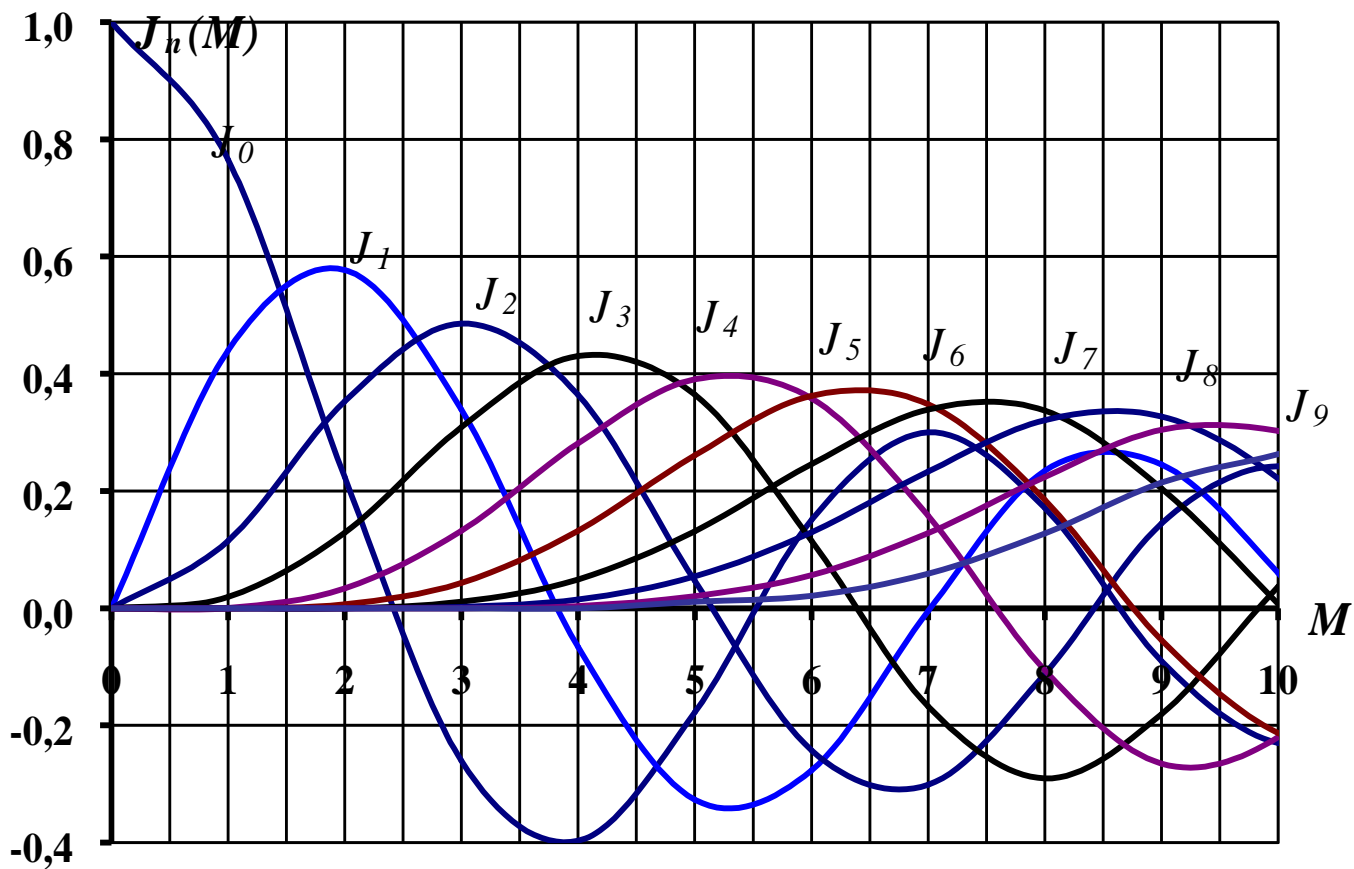


Рисунок 7. Функции Бесселя

Задача 4.

1. Поясните понятия дискретизации и квантования непрерывного сигнала.
2. Представьте непрерывный сигнал, заданный на отрезке времени $t_1 \dots t_6$ через интервал дискретизации Δt значениями $u_1 \dots u_6$ в виде сигнала ИКМ. Исходные данные в таблице 9. $F_{\min} \dots F_{\max}$ – спектр непрерывного сигнала, ΔU – шаг квантования.
3. Определите число уровней квантования дискретных отсчетов непрерывного сигнала и квантованные значения дискретных отсчетов непрерывного сигнала $U_{\text{кв}}(t)$.
4. Вычислите величину ошибки квантования $\xi(t)$.
5. Определите число разрядов (n) в кодовой комбинации при кодировании двоичным кодом уровней квантования, определите кодовые комбинации уровней квантования дискретных отсчетов.
6. Приведите временные диаграммы исходного, дискретизированного, квантованного и цифрового сигналов.

Исходные данные:

Таблица 9.

Номер варианта	ΔU , мВ	u_1 , мВ	u_2 , мВ	u_3 , мВ	u_4 , мВ	u_5 , мВ	u_6 , мВ	$F_{\min} \dots F_{\max}$, кГц
1	0,25	19,1	13,2	36,8	24,3	37,5	28,4	0,03-5
2	3	36,2	31,4	18,7	13,2	19,1	24,6	0,05 – 6,3
3	2	40,5	38,4	13,3	8,7	10,8	17,2	0,03 - 10
4	1,5	7,5	8,4	36,7	28,3	17,4	41,7	0,03 - 9
5	2,5	10,3	16,1	20,3	23,2	50,4	40,2	0,03 - 20
6	4	36,1	28,3	24,7	46,8	50,1	37,6	0,05 - 8
7	4,5	51,3	42,5	34,7	18,3	17,8	23,4	0,1 - 14
8	3,5	7,2	10,8	14,7	38,9	26,4	19,1	0,05 - 12
9	0,5	20,3	19,1	17,4	31,0	24,7	48,1	0,03 - 16
10	0,75	18,3	20,8	25,3	28,1	30,6	17,4	0,3 – 3,4

Методические указания по выполнению задачи 4.

Для ответов на вопросы изучите материал [5 с. 39-43; 4 с. 88-99].

Для решения данной задачи сначала необходимо изучить материал в где изложена сущность теоремы В.А. Котельникова и цифрового представления непрерывных сигналов.

Задачу предлагается решить в следующей последовательности. После ответа на теоретический вопрос рассчитайте ин-

тервал дискретизации $\Delta t \leq \frac{1}{2F_{\max}}$, где F_{\max} – максимальная частота спектра непрерывного сигнала.

Затем определите значения квантованного сигнала в заданные моменты времени, учитывая, что задан шаг квантования ΔU , так как полученные $U_{\text{КВ}}(t)$ отсчеты должны быть кратны шагу квантования ΔU . Здесь следует иметь в виду, что если амплитуда отсчета сигнала в пределах двух соседних разрешенных значений превышает половину шага квантования $\frac{\Delta U}{2}$, то ее значение увеличивается до ближайшего верхнего уровня квантования, если меньше $\frac{\Delta U}{2}$ – уменьшается до нижнего уровня.

Такое округление сопровождается погрешностью. Разность между истинным значением отсчета сигнала и его квантованным значением называется ошибкой или шумом квантования $\xi(t) = u(t) - U_{\text{КВ}}(t)$.

Для расчета числа уровней квантования воспользуйтесь формулой $M_{\text{КВ}} = \frac{U_{\max}(t)}{\Delta U} + 1$, где $u_{\max}(t)$ – максимальное значение непрерывного сигнала из $u_1 \dots u_6$ заданных в исходных данных в моменты отсчетов Δt по Котельникову.

Нужно иметь в виду, что если $M_{\text{КВ}}$ не равно целому числу, то его нужно округлить до ближайшего целого бо'льшего числа. Число разрядов в кодовой комбинации определим как $n = \log_2 M_{\text{КВ}}$, где n – также целое число и округляется в сторону ближайшего бо'льшего.

Затем каждый дискретный квантованный отсчет непрерывного сигнала заменим цифровой комбинацией (т.е. ИКМ-сигналом). Для этого требуется перевести квантованный отсчет в двоичный код, рассчитанной ранее значности «n».

Все расчеты сведите в таблицу 10.

Таблица 10.

	ΔU , мВ	u_1 , мВ	u_2 , мВ	u_3 , мВ	u_4 , мВ	u_5 , мВ	u_6 , мВ	
$U(t)$	4	36,1	28,3					
$U_{\text{КВ}}(t)$	-	36	28					$\Delta t =$
$\xi(t)$	-	0,1	0,3					$M_{\text{КВ}} =$
$U_{\text{ИКМ}}(t)$	-	1001	0111					$n =$

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №2

Задача 1.

1. Дайте определение понятия «длинная линия».
2. Приведите эквивалентную схему 1 км длинной линии.
3. Дайте определение бегущей, стоячей и смешанной волн в линии.
4. Рассчитайте коэффициент отражения для $Z_H = \infty$; $Z_H = 0$; $Z_H = j X_H$; $Z_H = Z_B$, коэффициенты бегущей и стоячей волн, входное сопротивление отрезков линии длиной кратной $\frac{\lambda}{4}$, передаваемую мощность сигнала в линии.

Постройте графики изменения напряжения и тока вдоль длины линии при $Z_H = 0$ и $Z_H = \infty$.

5. Поясните, каким образом можно согласовать две линии с различными волновыми сопротивлениями.

Исходные данные:

Таблица 11.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z_B , Ом	50	75	100	150	200	300	400	800	1600	3200
Z_H , Ом	65	40	120	165	230	260	380	930	1400	3500
P_{max} , мВт	10	5	15	20	40	50	60	30	25	18

Методические указания по выполнению задачи 1.

Перед выполнением расчетов необходимо изучить материал [4 с. 145-155; 5 с. 182-202].

Коэффициентом отражения по напряжению называют отношение енапряжения отраженной волны к падающей

$$K_{отр} = \frac{V_{отр}}{V_{пад}} = \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B}$$

В общем случае $K_{отр}$ – комплексная величина и, если $Z_H = jX_H$, то $K_{отр} = -\frac{(Z_B - jX_H)}{(Z_0 + jX_H)}$, тогда $K_{отр} = 1$, т.е. если линию нагрузить чисто реактивной нагрузкой любой величины, то падающая волна полностью отражается.

При расчете коэффициента бегущей волны КБВ нужно понимать, что КБВ показывает, какую часть составляет напряжение бегущей волны от максимального напряжения смешанной волны в линии.

$K_{БВ} = \frac{1}{K_{СВ}} = \frac{V_{\min}}{V_{\max}} = \frac{1 - |K_{отр}|}{1 + |K_{отр}|}$. Обычно измеряют U_{\max} , U_{\min} и определяют КБВ и КСВ. Поэтому, если $Z_H < Z_B$, то КБВ = $\frac{Z_H}{Z_B}$ и наоборот.

Входное сопротивление отрезков линии длиной кратной $\frac{\lambda}{4}$ рассчитывается по формуле (8.41) при параллельном и последовательном резонансах

$$Z_{вх.парал} = K_{СВ} \cdot Z_B; \quad Z_{вх.посл} = \frac{Z_B}{K_{СВ}}$$

Передаваемая мощность (P) равна разности мощностей падающей и отраженной волн $P = P_{\max} \cdot K_{БВ} = \frac{U_{\max}^2}{Z_B} \cdot K_{БВ}$, где P_{\max} – максимальная мощность, которая может быть передана.

Для согласования линий с разными Z_B обычно используют четвертьволновый отрезок линии с $Z_B = \sqrt{Z_{B1} \cdot Z_{B2}}$. Четвертьволновый трансформатор согласует линии лишь на одной частоте.

Данные расчета сведите в таблицу 12

Таблица 12.

Но- мер вари- анта	Z_B	Z_H	Котр				КСВ	КБВ	P	$Z_{вх}$ $l = \frac{\lambda}{4}$
			$Z_H = \infty$	$Z_H = 0$	$Z_H = jX_H$	$Z_H = Z_B$				

Задача 2.

1. Рассчитайте вторичные параметры цепей с распределенными параметрами.
2. Постройте графики зависимости вторичных параметров от частоты.

Исходные данные:

Таблица 13.

№вар.	f ₁ , кГц	f ₂ , кГц	f ₃ , кГц	R ₁ , Ом/км	L ₁ , Гн/км	C ₁ , Ф/км	G ₁ , См/км
1	15	30	60	23	2,3	142	0,85
				31	1,9		1,6
				42	1,6		3,1
2	15	25	70	21	2,1	134	4,25
				28	1,9		6,75
				45	1,7		12,0
3	20	40	75	712	3,2	132	1,1
				989	2,8		2,2
				1266	2,6		3,8
4	30	60	90	715	3,6	141	23,0
				1105	3,1		45,5
				1285	2,8		68,0
5	20	40	80	740	3,9	142	5,5
				1073	3,3		10,5
				1491	2,9		20,5
6	40	70	120	912	2,8	134	30,5
				1167	2,6		53,0
				1478	2,4		90,0
7	20	60	120	33	0,51	26	3,2
				41	0,76		9,7
				58	0,74		19,5
8	15	80	160	176	0,8	34	22
				180	0,6		118
				195	0,4		237
9	12	30	50	179	0,68	53	20
				183	0,41		50
				186	0,28		83
10	20	50	100	29	1,2	26	9,7
				35	0,8		24,5
				47	0,5		48,2

Методические указания по выполнению задачи 2.

Перед выполнением расчетов, изучите материал [4 с. 145-155; 5 с. 182-202].

На частотах $f > 10$ кГц, Z_B можно рассчитать по формуле:

$$Z_B = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

На частотах $f > 10$ кГц, α и β можно рассчитать по формулам:

$$\alpha = 4.35 \cdot \left(R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + G \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \right), \text{ Дб/км}$$

$$\beta = \omega \cdot \sqrt{LC}, \text{ рад/км}$$

Скорость распространения энергии вдоль линии:

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ м/с}$$

Задача 3.

1. Рассчитать и построить график $n(\lambda)$ в заданном диапазоне значений длин волн.
2. Определите спектральную зависимость потерь на поглощение и рассеивание, а также результирующий коэффициент затухания оптического волокна в заданном диапазоне длин волн.
3. Постройте графики зависимости $\alpha_n(\lambda)$, $\alpha_p(\lambda)$ и $\alpha(\lambda)$.

Исходные данные значений длин волн:

Таблица 14.

Вариант	Значения λ , мкм				
	1	1,15	1,205	1,275	1,318
2	1,252	1,306	1,413	1,525	1,610
3	1,282	1,325	1,382	1,45	1,550
4	1,304	1,353	1,415	1,512	1,570
5	1,334	1,384	1,49	1,572	1,600
6	1,329	1,387	1,422	1,488	1,565
7	1,275	1,349	1,402	1,473	1,516
8	1,225	1,295	1,367	1,415	1,436
9	1,238	1,326	1,393	1,445	1,498
10	1,231	1,301	1,352	1,427	1,463

Методические указания по выполнению задачи 3.

Спектральная зависимость показателя преломления стекол, используемых для изготовления ОВ, в диапазоне 0,6 – 2 мкм описывается дисперсионной формулой Селмейра:

$$n(\lambda) = \left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \cdot \lambda^2}{\lambda^2 - b_i^2} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где коэффициенты A_i и b_i ($i=1,2,3$) определяются экспериментально и измеряются так же, как и λ в мкм. Значения коэффициентов A_i и b_i для стекол различных составов приведены в табл. 15.

Таблица 15

Вариант	Состав стекла	Тип коэффициента	<i>i</i>		
			1	2	3
1	SiO ₂	<i>A_i</i>	0,6961663	0,4079426	0,8974794
		<i>b_i</i>	0,0684043	0,1162414	9,896161
2	13,5% G ₂ O ₂ 86,5% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,73454395	0,42710828	0,82103399
		<i>b_i</i>	0,08697693	0,11195191	10,846540
3	9,1% G ₂ O ₂ 7,7% B ₂ O ₃ 83,2% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,72393884	0,41129541	0,79292034
		<i>b_i</i>	0,085826532	0,10705260	9,3772959
4	13,5% Be ₂ O ₃ 86,5% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,67626834	0,42213113	0,58339770
		<i>b_i</i>	0,076053015	0,11329618	7,8486094
5	3,1% GeO ₂ 96,9% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,7028554	0,4146307	0,8974540
		<i>b_i</i>	0,0727723	0,1143085	9,896161
6	3,0% Be ₂ O ₃ 97,0% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,6935408	0,4052977	0,9111432
		<i>b_i</i>	0,0717021	0,1256396	9,896154
7	3,3% G ₂ O ₂ 9,2% B ₂ O ₃ 87,5% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,6958807	0,4076588	0,9401093
		<i>b_i</i>	0,0665654	0,1211422	9,896140
8	91% P ₂ O ₅ 90,9% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,695790	0,452497	0,712513
		<i>b_i</i>	0,061568	0,119921	8,656641
9	1,0% F 90,9% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,691116	0,399166	0,890423
		<i>b_i</i>	0,068227	0,116460	9,993707
10	16,9% NaO ₂ 32,5% B ₂ O ₃ 50,6% SiO ₂	<i>A_i</i>	0,796468	0,497614	0,358924
		<i>b_i</i>	0,094359	0,093386	5,999652

Например:

$$n(\lambda_1) = n(1,15) = \sqrt{1 + \lambda_1^2 \cdot \left(\frac{A_1}{\lambda_1^2 - b_1^2} + \frac{A_2}{\lambda_1^2 - b_2^2} + \frac{A_3}{\lambda_1^2 - b_{31}^2} \right)}$$

$$n(\lambda_2) = n(1,205) = \sqrt{1 + \lambda_2^2 \cdot \left(\frac{A_1}{\lambda_2^2 - b_1^2} + \frac{A_2}{\lambda_2^2 - b_2^2} + \frac{A_3}{\lambda_2^2 - b_{31}^2} \right)}$$
 и так далее для остальных

длин волн.

Например:

Значения рассчитанной спектральной зависимости показателя преломления стекла	1	2	3	4	5
<i>n</i> (λ)	1,463715	1,463064	1,462242	1,461738	1,460529

По результатам расчета значений показателя преломления для различных длин волн построим график *n*(λ) в заданном диапазоне значений длин волн:

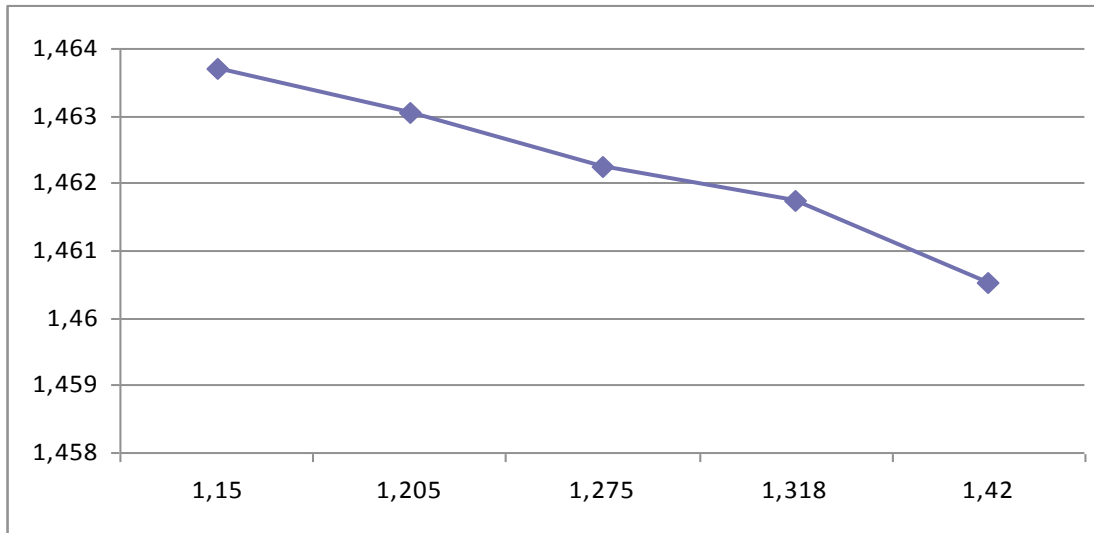


Рисунок 8. График $n(\lambda)$

Затухание в оптическом волокне характеризует ослабление оптической мощности, распространяемой вдоль ОВ, и выражается в дБ. Величина затухания, отнесенная к единице длины волокна, называется коэффициентом затухания и выражается в дБ/км.

Потери, возникающие при распространении сигнала по ОВ, объясняются тем, что часть мощности поступающей на вход ОВ поглощается самими молекулами кварца (α_n) и посторонними примесями (α_{np}), другая часть мощности рассеивается вследствие изменения направления распространения лучей на нерегулярностях и высвечивании их в окружающее пространство.

Таким образом, собственные потери

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_{np} + \alpha_p \quad (2)$$

Затухание за счет поглощения связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, зависит от свойств материала ОВ ($\text{tg } \delta$), линейно растет с частотой

$$\alpha_n = 8,69 \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg } \delta}{\lambda}, \text{ дБ/км} \quad (3)$$

где n_1 - показатель преломления сердцевины ОВ;

$\text{tg } \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь материала сердцевины ОВ, в расчетах принимается равным 10^{-11} ;

λ - длина волны, мкм.

Коэффициент затухания (α_{np}) связан с наличием в ОВ посторонних примесей, которые приводят к дополнительному поглощению оптической мощности. Такими примесями являются ионы металлов переходной группы (Fe, Cu, Cr, Ni, Mn), которыми вызываются соответствующие полосы поглощения в диапазоне длин волн 0,5 – 1,5 мкм.

Кроме этого существенной примесью в ОВ является вода, присутствующая в стекле в виде ионов гидроксильной группы OH^- , которые обуславливают резонансные всплески затухания на длинах волн 1,95; 1,24 и 1,39 мкм.

Для получения малых потерь на примесях требуется высокая чистота исходных материалов. Современные ОВ в большинстве случаев изготавливаются из химически чистой двуокиси кремния SiO_2 , поэтому в широком диапазоне длин волн (0,7 – 1,6 мкм) потери на посторонних примесях практически сведены к нулю.

По этой причине составляющей α_{np} в (2) можно пренебречь и рассчитывать собственные потери так:

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p \quad (4)$$

Потери вследствие рассеивания (α_p) зависят от размеров локальных неоднородностей. Следует отметить, что в материалах, из которых изготавливаются современные ОБ, существуют только микроскопические неоднородности, размер которых много меньше длины волны.

Рассеивание на таких неоднородностях называется упругим или рэлеевским и рассчитывается по формуле

$$\alpha_p = \frac{k_p}{\lambda^4}, \text{ дБ/км} \quad (5)$$

где k_p - коэффициент рассеивания, для кварца равный $0,8 \text{ мкм}^4 \cdot \text{дБ/км}$;

λ - длина волны, мкм.

Потери на рэлеевское рассеивание определяют нижний предел потерь, присущих ОБ. Этот предел различен для различных длин волн и с увеличением длины волны уменьшается. Рассчитанные значения затухания за счет поглощения, потерь на рэлеевское рассеивание, а также значение собственных потерь свести в таблицу.

Например:

Таблица 16.

	Значения λ , мкм				
	1,15	1,205	1,275	1,318	1,420
Потери на диэлектрическую поляризацию, α_n , дБ/км	0,3475	0,3315	0,3131	0,3028	0,2808
Потери на рэлеевское рассеивание, α_p , дБ/км	0,4574	0,3794	0,3027	0,2651	0,1968
Собственные потери, α , дБ/км	0,8049	0,7109	0,6158	0,5679	0,4776

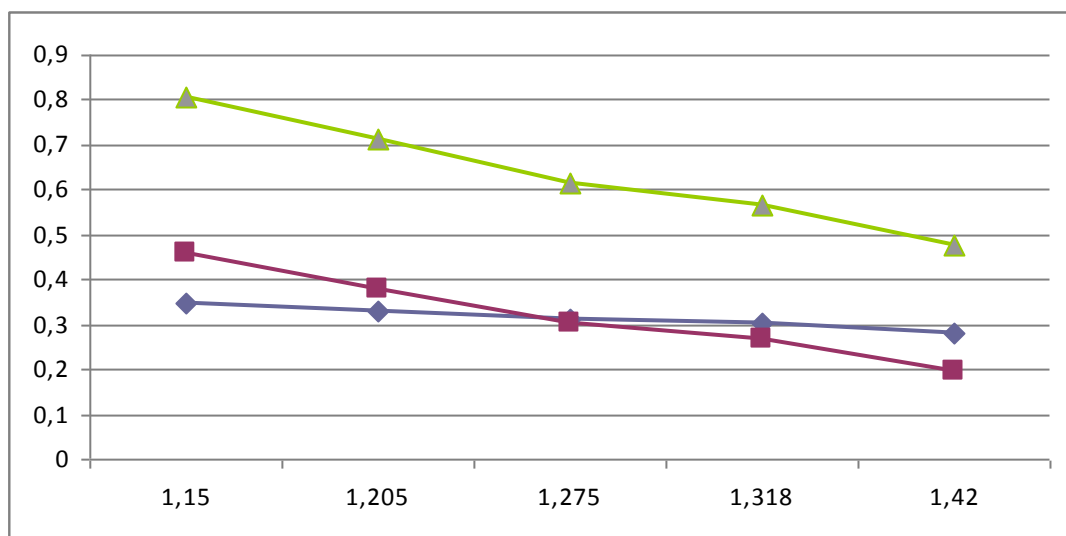


Рисунок 9.

Задача 4.

1. Дайте развернутый ответ на вопрос. По мере необходимости приведите соответствующие структурные схемы, алгоритмы и др.

Исходные данные:

Таблица 17.

Номер варианта	Тема
1	Принципы сверточного кодирования. Схема кодера. Алгоритм Витерби.
2	Принцип блочного кодирования.
3	Виды помехоустойчивых кодов.
4	Внутреннее и внешнее кодирование. Назначение. Используемые коды.
5	Принципы сверточного декодирования. Схема декодера. Алгоритм Витерби.
6	Перекрытие и деперекрытие. Исправление пакетных ошибок.
7	Метод частотного уплотнения несущих (OFDM). Схемы модулятора и демодулятора.
8	Межсимвольные искажения, защита от них.
9	Цифровые виды модуляции на основе квадратурной модуляции.
10	Базовые виды цифровой модуляции. Временные диаграммы.

Рекомендуемые методические указания по выполнению задачи 4.

Вариант 1. Изучите материал по [4 с. 123-124; 1 с. 103-106; 6;8].

Вариант 2. Изучите материал по [1 с. 77-85; 5 с. 117-123; 6; 8].

Вариант 3. Изучите материал по [1 с. 73-76; 5 с. 115-117;6; 8].

Вариант 4. Изучите материал по [4с. 125-126;6; 8].

Вариант 5. Изучите материал по [6; 8].

Вариант 6. Изучите материал по [4 с. 107-108; 5 с. 124-125;7].

Вариант 7. Изучите материал по [4 с. 141-144].

Вариант 8. Изучите материал по www.twirpx.com/file/113220

Вариант 9. Изучите материал по [4 с. 130-133].

Вариант 10. Изучите материал по [4 с. 127-130].

Литература.

Основные источники:

1. Акулиничев, Ю.П. Теория электрической связи: учебное пособие/Ю.П. Акулиничев. - СПб.: Лань, 2010. - 240 с.: ил. – ISBN 978-5-8114-0969-3
2. Биккенин, Р.Р. Теория электрической связи: учебное пособие / Р.Р. Биккенин, М.Н. Чесноков. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 336с. – ISBN 978-5-7695-6510-6
3. Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации: учебное пособие/ Е.Г. Лебедько – СПб.:Лань, 2011. – 352с.: - ISBN 978-5-8114-1139-9
4. Смирнов, А.В. Теория электросвязи: учебное пособие / А.В. Смирнов - М.: УМЦ СПО, 2012. – 180с.
5. Ушаков, П.А. Цепи и сигналы электросвязи: учебник / П.А.Ушаков - М.: Издательский центр «Академия», 2010.- 352 с. – ISBN 978-5-7695-5669-2

Дополнительные источники:

6. Вернер М. Основы кодирования: учебник/ М. Вернер – Техносфера, 2006. ISBN 5-94836-019-9, 3-528-03951-5 (ЭР mtuci.ru)
7. Крухмалев, В. В., Гордиенко В. Моченов Н., А. Д. Цифровые системы передачи: учебное пособие/ В.В. Крухмалев – 2007. (ЭР mtuci.ru)
8. Чечета С.И. Введение в дискретную теорию информации и кодирования: учебное пособие/ С.И. Чечета – МЦНМО, 2011. ISBN 978-5-94057-701-0 (ЭР mtuci.ru)
9. Журналы «Электросвязь», «Вестник связи», «Технологии и средства связи»

Интернет ресурсы:

www.twirpx.com/file/113220 (конспект лекций по курсу ТЭС);

www.regionbook.ru направляющие системы ЭС).

<http://ibooks.ru>

<http://umo.mtuci.ru>