

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ)

Колледж телекоммуникаций и информатики

СЕРИЯ

«В помощь преподавателю и студенту»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ»**



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данные методические указания составлены в соответствии с программой. Они содержат контрольную работу по предмету, методические указания к выполнению каждого задания с решением типовых примеров, перечень литературы, в которой можно найти изучаемые темы.

Аннотацию к рабочей программе дисциплины вы можете посмотреть на сайте www.ncti.ru пройдя по ссылке [http://ncti.ru/files/okolledzhe/Obrazovanie/Annotacii/2017/OO/11.02.11_Seti_sviasi i sistemy_kommutacii/Baza_11/annotacii_11.02.11_B11_2017.pdf](http://ncti.ru/files/okolledzhe/Obrazovanie/Annotacii/2017/OO/11.02.11_Seti_sviasi_i_sistemy_kommutacii/Baza_11/annotacii_11.02.11_B11_2017.pdf)

Общие указания

При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться данными методическими рекомендациями, которые содержат основные вопросы, подлежащие рассмотрению в каждой теме, а также рекомендованной литературой.

Ниже приведены варианты домашней контрольной работы. Студенты выполняют задания своего варианта, который определяют по таблице вариантов.

Ниже приведены варианты домашней контрольной работы.

Студент должен выполнить все задания.

Контрольное задание содержит четыре вопроса:

- первый - теоретический, требующий подробного изложения материала,
- второй - теоретический, но требует краткого изложения,
- третий - решение задачи,
- четвертый - тестовый

Теоретические вопросы необходимо переписать. На вопросы контрольного задания отвечать надо точно, логично, четко и грамотно, в объеме указанном выше. Условие задачи необходимо переписать. Задачу решать подробно, приводить формулы с пояснением символов и расчетов. Вычисления абсолютных величин производить с точностью до десятичного знака (0,1), а процентов - до первого десятичного знака(0,1%), относительных величин - до второго десятичного знака (0,01) На тестовый вопрос необходимо дать верный **ответ** и пояснить его выбор.

Перед решением каждой задачи необходимо изучить рекомендуемый теоретический материал.

Ответы на вопросы должны быть конкретными, четкими и достаточно краткими.

При оформлении контрольной работы необходимо руководствоваться методическими указаниями по выполнению домашних контрольных работ

http://ncti.ru/files/studentu/ZO/Metodicheskie_ukazaniia_po_vypolneniiu_DKR.pdf

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Общие указания

В соответствии с учебным планом студенты заочного отделения выполняют одну домашнюю контрольную работу.

Номер выполняемого варианта определяется по шифру студента.

Домашняя контрольная работа состоит из пяти задач и охватывает все основные разделы программы дисциплины «Теория электросвязи».

Перед решением каждой задачи необходимо изучить рекомендуемый теоретический материал.

Ответы на вопросы должны быть конкретными, четкими и достаточно краткими.

Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена либо в тетради в клетку, либо напечатана с помощью компьютера. Все страницы должны быть пронумерованы. В тетради с рукописной работой должны быть отчерчены поля. В печатных работах текст должен располагаться только с одной стороны листа.

Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и подписаны.

Условие каждой задачи должно быть приведено полностью.

Схемы вычерчиваются в строгом соответствии с действующими стандартами.

На графиках должны быть обозначены координатные оси, указаны откладываемые по осям величины и их размерность.

Формулы, по которым ведутся расчеты, должны быть приведены в тексте ответов, расчеты должны сопровождаться краткими пояснениями.

Обозначения единиц физических величин должны быть приведены в строгом соответствии с действующими стандартами.

В конце работы приводится список использованной литературы, ставится дата выполнения и подпись.

После получения проверенной и зачтенной работы следует внести исправления и дополнения в соответствии с замечаниями преподавателя.

Если работа не зачтена, ее следует выполнить повторно и вновь сдать на проверку.

Задача 1

1. Дайте определение понятия «электрический сигнал». Приведите классификацию сигналов. Перечислите формы представления сигналов.

2. Начертите временные диаграммы двух периодических сигналов прямоугольной формы с заданными в Таблице 1 параметрами. Запишите уравнения временных функций заданных сигналов.

3. Рассчитайте амплитуды составляющих спектра заданных сигналов. Начертите спектральные диаграммы. Запишите уравнения спектральных функций заданных сигналов.

4. Дайте определение понятия «ширина спектра сигнала». Укажите ширину спектра для каждого из заданных сигналов. Поясните зависимости ширины спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов от длительности импульса.

Таблица 1 – Исходные данные

Параметры	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длительность импульса $t_{И1}, мс$	2,5	4	0,2	10	12,5	1	4	10	2,5	4
Длительность импульса $t_{И2}, мс$	5	2	0,33	8	6,25	0,5	2	16	1,25	2
Период следования импульсов $T, мс$	10	20	1	40	50	2	16	80	5	8
Амплитуда импульсов $U_m, В$	5	20	10	4	5	10	8	4	5	12

Методические указания по выполнению задачи 1.

Для решения задачи необходимо проработать материал [1, §§1.1, 1.2, 2.2, 2.3] или [2, §§2.2 - 2.5].

Пример временной диаграммы периодической последовательности прямоугольных импульсов приведен на Рисунке 1. Для выполнения задачи

необходимо начертить два рисунка: один – для сигнала с параметрами $t_{И1}, T, U_m$, другой – для сигнала с параметрами $t_{И2}, T, U_m$. Масштабы изображений обоих сигналов целесообразно взять одинаковые. Математическое выражение, по которому для любого момента времени можно вычислить значение сигнала $u(t)$, называется математической моделью этого сигнала. Заданный сигнал можно представить в виде системы уравнений:

$$u(t) = \begin{cases} U_m, & 0 \leq t < t_{И} \\ 0, & t_{И} \leq t < T \end{cases}$$

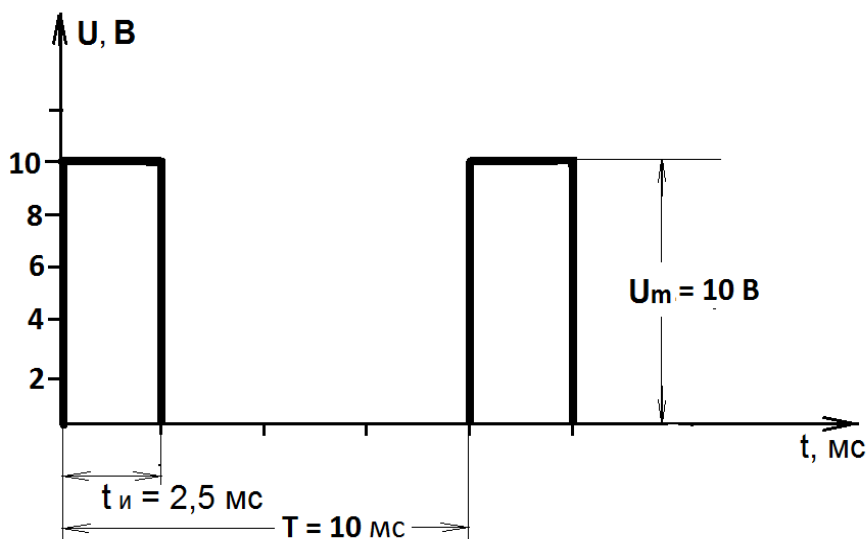


Рисунок 1 – Временная диаграмма периодической последовательности прямоугольных импульсов

Известно, что любой периодический негармонический сигнал может быть представлен в виде набора простых функций. Чаще всего для описания сложных сигналов используется их представление в виде ряда Фурье:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_{mk} \sin(k\omega t + \varphi_k),$$

где: U_0 – постоянная составляющая сигнала, U_{mk} – амплитуда k -й гармоники сигнала, k – номер гармоники, $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ – частота первой гармоники периодического сигнала, φ_k – начальная фаза k -й гармоники. Для расчета спектра амплитуд нечетной последовательности однополярных прямоугольных импульсов можно воспользоваться следующими формулами:

$$U_0 = U_m \frac{t_H}{T} = \frac{U_m}{q},$$

где q – скважность периодической последовательности прямоугольных импульсов, $q = \frac{T}{t_H}$.

$$U_{mk} = \frac{2U_m}{k\pi} \sin \frac{k\pi}{q}.$$

Спектральная характеристика периодического сигнала состоит из отдельных спектральных линий, частотный интервал между которыми равен частоте первой гармоники $f = 1/T$. Пример спектральной диаграммы для сигнала с параметрами $t_H = 2,5\text{мс}$, $T = 10\text{мс}$, $U_m = 10\text{В}$ приведен на Рисунке 2.

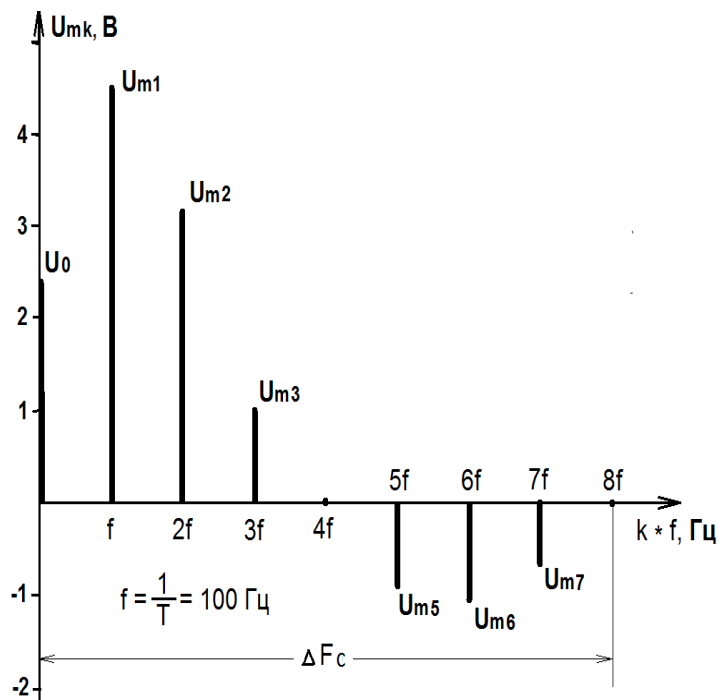


Рисунок 2 – Спектральная диаграмма периодической последовательности прямоугольных импульсов

Как следует из рисунка, график имеет вид «лепестков», ширина которых равна $qf = 1/t_H$, Гц. Амплитуды составляющих спектра постепенно убывают. Так как за ширину спектра ΔF_c принимают диапазон частот, в котором сосредоточено (90 – 95)% энергии сигнала, то для решения задачи необходимо произвести расчет не менее двух «лепестков» спектра, т.е.

$$\Delta F_c = \frac{2}{t_{\text{и}}}$$

Следовательно, при уменьшении длительности импульса $t_{\text{и}}$ ширина спектра сигнала ΔF_c увеличивается.

Задача 2

1. Дайте определение понятия «нелинейная цепь». Поясните суть аппроксимации характеристик нелинейных элементов и перечислите основные способы аппроксимации.

2. Дайте определение понятия «гармонический анализ нелинейной цепи». Перечислите основные способы гармонического анализа. Поясните применение нелинейных цепей для спектральных преобразований сигналов.

3. Вольт - амперная характеристика (ВАХ) нелинейного элемента аппроксимирована полиномом третьей степени. Коэффициенты полинома, отображающего ВАХ полупроводникового диода, заданы в Таблице 2. Рассчитайте амплитуды составляющих спектра отклика I_{mk} на приложенную к нелинейному элементу сумму двух гармонических колебаний $u(t) = U_{m1}\cos\omega_1 t + U_{m2}\cos\omega_2 t$. Запишите уравнение тока $i(t)$ в цепи.

Таблица 2 – Исходные данные

Параметры	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a_0, \text{мА}$	10	20	10	15	30	20	40	15	25	10
$a_1, \text{мА/В}$	27,5	81,4	38,8	52,2	117,8	62,9	90,6	51,3	72,1	80,5
$a_2, \text{мА/В}^2$	56,3	155,5	68,7	77,8	111,1	155,5	88,2	71,9	25	162,5
$a_3, \text{мА/В}^3$	93,7	116,4	54,2	87,3	-48,9	264,2	60	46,9	-52	325
$U_{m1}, \text{В}$	0,1	0,05	0,2	0,1	0,05	0,1	0,05	0,15	0,15	0,1
$f_1, \text{кГц}$	10	20	5	12	2	4	1,5	0,75	20	2
$U_{m2}, \text{В}$	0,3	0,25	0,4	0,3	0,1	0,25	0,1	0,4	0,2	0,15
$f_2, \text{кГц}$	2,5	0,5	1	4	0,25	0,5	0,3	0,125	5	0,4

4. Начертите график спектральной характеристики тока в цепи. Поясните спектральный состав тока в цепи.

Методические указания по выполнению задачи 2

Для решения задачи необходимо проработать материал [1, §§13.1 – 13.4] или [2, §4.3]

Под нелинейной электрической цепью понимают цепь, в которой имеется один или несколько нелинейных элементов. Отклик нелинейного элемента не пропорционален приложенному воздействию и, следовательно, график его основной характеристики – нелинейный. Примером может служить вольт – амперная характеристика полупроводникового диода. При прохождении сигнала по такой цепи возникают нелинейные искажения, то есть изменяется форма сигнала и его спектральный состав. Принцип действия устройств, выполняющих спектральные преобразования сигналов (умножителей частоты, модуляторов, детекторов и т.п.) основывается на свойствах нелинейных элементов.

Гармонический анализ нелинейной цепи – это определение амплитуд частотных составляющих спектра отклика цепи. Для выполнения расчета составляющих спектра необходимо знать уравнение, описывающее нелинейную характеристику. Аппроксимация – приближенная замена реальной характеристики нелинейного элемента его математической моделью.

При полиномиальной аппроксимации вольт – амперная характеристика нелинейного элемента представляется степенным полиномом n – степени вида $i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 + \dots + a_n u^n$. Наиболее часто для аппроксимации используется полином второй ($n = 2$) или третьей ($n = 3$) степени.

Метод гармонического анализа зависит от способа аппроксимации характеристики нелинейного элемента. При полиномиальной аппроксимации используется тригонометрический метод анализа. При этом в уравнение полинома подставляется выражение u в виде гармонической функции и дальнейшие преобразования выполняются с помощью известных из курса математики тригонометрических «формул кратных углов».

При подаче на вход нелинейной цепи суммы двух гармонических колебаний $u(t) = U_{m1} \cos \omega_1 t + U_{m2} \cos \omega_2 t$ спектр тока в цепи будет содержать гармоники входных сигналов и их комбинационные составляющие. Высший порядок составляющих спектра отклика будет равен степени полинома, используемого для аппроксимации ВАХ нелинейного элемента.

Уравнение тока может быть записано в виде ряда Фурье:

$$i(t) = I_{m0} + I_{m1} \cos \omega_1 t + I_{m2} \cos \omega_2 t + I_{m3} \cos 2\omega_1 t + I_{m4} \cos 2\omega_2 t + I_{m5} \cos 3\omega_1 t + I_{m6} \cos 3\omega_2 t + I_{m7} \cos(\omega_1 - \omega_2)t + I_{m8} \cos(\omega_1 + \omega_2)t + I_{m9} \cos(2\omega_1 - \omega_2)t + I_{m10} \cos(2\omega_1 + \omega_2)t + I_{m11} \cos(\omega_1 - 2\omega_2)t + I_{m12} \cos(\omega_1 + 2\omega_2)t, \text{ мА}$$

где $\omega_1 = 2\pi f_1$; $\omega_2 = 2\pi f_2$.

Формулы для расчета амплитуд составляющих спектра тока приведены в Таблице 3. По результатам расчетов необходимо начертить график спектральной характеристики $I_{mk}(kf)$. При выборе цены деления по горизонтальной оси графика целесообразно за единицу масштаба принять значение меньшей из заданных частот сигналов f_1 или f_2 .

Таблица 3 – Составляющие спектра тока в нелинейной цепи

название	частота	Амплитуда тока
Постоянная составляющая	0	$I_0 = a_0 + \frac{1}{2}a_2 U_{m1}^2 + \frac{1}{2}a_2 U_{m2}^2$
Первые гармоники	f_1	$I_{m1} = a_1 U_{m1} + \frac{3}{4}a_3 U_{m1}^3 + \frac{3}{2}a_3 U_{m1} U_{m2}^2$
	f_2	$I_{m2} = a_1 U_{m2} + \frac{3}{4}a_3 U_{m2}^3 + \frac{3}{2}a_3 U_{m1}^2 U_{m2}$
Вторые гармоники	$2f_1$	$I_{m3} = \frac{1}{2}a_2 U_{m1}^2$
	$2f_2$	$I_{m4} = \frac{1}{2}a_2 U_{m2}^2$
Третьи гармоники	$3f_1$	$I_{m5} = \frac{1}{4}a_3 U_{m1}^3$
	$3f_2$	$I_{m6} = \frac{1}{4}a_3 U_{m2}^3$
Комбинационные составляющие 2 порядка	$f_1 - f_2$	$I_{m7} = a_2 U_{m1} U_{m2}$
	$f_1 + f_2$	$I_{m8} = a_2 U_{m1} U_{m2}$
Комбинационные составляющие 3 порядка	$2f_1 - f_2$	$I_{m9} = \frac{3}{4}U_{m1}^2 U_{m2}$
	$2f_1 + f_2$	$I_{m10} = \frac{3}{4}U_{m1}^2 U_{m2}$
	$f_1 - 2f_2$	$I_{m11} = \frac{3}{4}U_{m1} U_{m2}^2$
	$f_1 + 2f_2$	$I_{m12} = \frac{3}{4}U_{m1} U_{m2}^2$

Задача 3

1. Поясните сущность частотной модуляции. Приведите уравнение временной функции ЧМ сигнала при гармоническом модулирующем сигнале. Исходные данные приведены в Таблице 4.

2. Дайте определение понятиям «девиация частоты», «индекс частотной модуляции», «ширина спектра ЧМ сигнала». Поясните: что называется «узкополосной» и «широкополосной» модуляцией.

3. Рассчитайте девиацию частоты Δf_{max} и ширину спектра ЧМ сигнала $\Delta F_{ЧМ}$.
4. С помощью графиков функций Бесселя определите коэффициенты $J_n(M)$. Рассчитайте амплитуды составляющих спектра U_{mn} . Начертите спектральную диаграмму ЧМ сигнала. Запишите уравнение спектральной функции ЧМ сигнала.
5. Начертите схему частотного модулятора на варикапе и кратко опишите его принцип действия.

Таблица 4 – Исходные данные

параметр	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амплитуда несущей U_{mH} , В	10	20	30	40	50	36	75	48	25	55
Частота несущей f_H , МГц	40	50	10	75	60	10	25	80	12	30
Модулирующая частота F_M , кГц	10	40	5	25	120	55	75	40	60	50
Индекс модуляции M	4,5	4	8	5	2,5	1,5	6	3	1	0,5

Методические указания по выполнению задачи 3

Для решения задачи необходимо изучить материал, изложенный в [1, §§4.1, 4.6, 16.2] или [2, §5.5].

Для передачи на большие расстояния сигнал, несущий информацию, необходимо преобразовать в вид, удобный для переноса по соответствующей среде распространения, но наделенный в то же время всеми признаками первичного информационного сигнала. В качестве переносчика используют гармоническое колебание высокой частоты – несущее колебание. Процесс преобразования параметров несущего колебания по закону изменения во времени модулирующего сигнала называется модуляцией.

При частотной модуляции по закону модулирующего сигнала изменяется частота несущего колебания. Если модулирующий сигнал имеет гармоническую форму и описывается уравнением $u_M = U_{mM} \cos \Omega t$, а несущее колебание $u_H = U_{mH} \cos \omega t$, (где $\omega = 2\pi f_H$, $\Omega = 2\pi F_M$), то математическая модель частотно – модулированного сигнала будет иметь вид:

$$u_{ЧМ} = U_{mH} \cos(\omega t + M \sin \Omega t),$$

$$M = \frac{\Delta f_{max}}{F_M} = \frac{\Delta \omega_{max}}{\Omega},$$

где M – индекс частотной модуляции, $\Delta \omega_{max} = 2\pi \Delta f_{max}$ – девиация частоты ЧМ сигнала, т.е. максимальное отклонение частоты в процессе модуляции.

Уравнение спектральной функции частотно – модулированного сигнала имеет вид:

$$u_{\text{ЧМ}} = U_{mH} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} J_n(M) \cos[(\omega + n\Omega)t + \varphi]$$

Где n – целое число, номер боковой составляющей; $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

Разложение ЧМ сигнала в ряд Фурье выполняется с помощью функций Бесселя. Графики зависимости коэффициентов J_n от индекса модуляции M приведены на Рисунке 3. Амплитуды составляющих спектра U_{mn} определяются по формуле:

$$U_{mn} = J_n U_{mH}$$

Теоретически спектр ЧМ сигнала состоит из бесконечного числа линий, расположенных симметрично относительно несущей частоты на расстоянии друг от друга, равном частоте модулирующего сигнала F_M .

Ширина спектра ЧМ сигнала зависит от индекса M и от значения частоты модулирующего сигнала F_M и на практике определяется по формуле:

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} = 2F_M(1 + M + \sqrt{M})$$

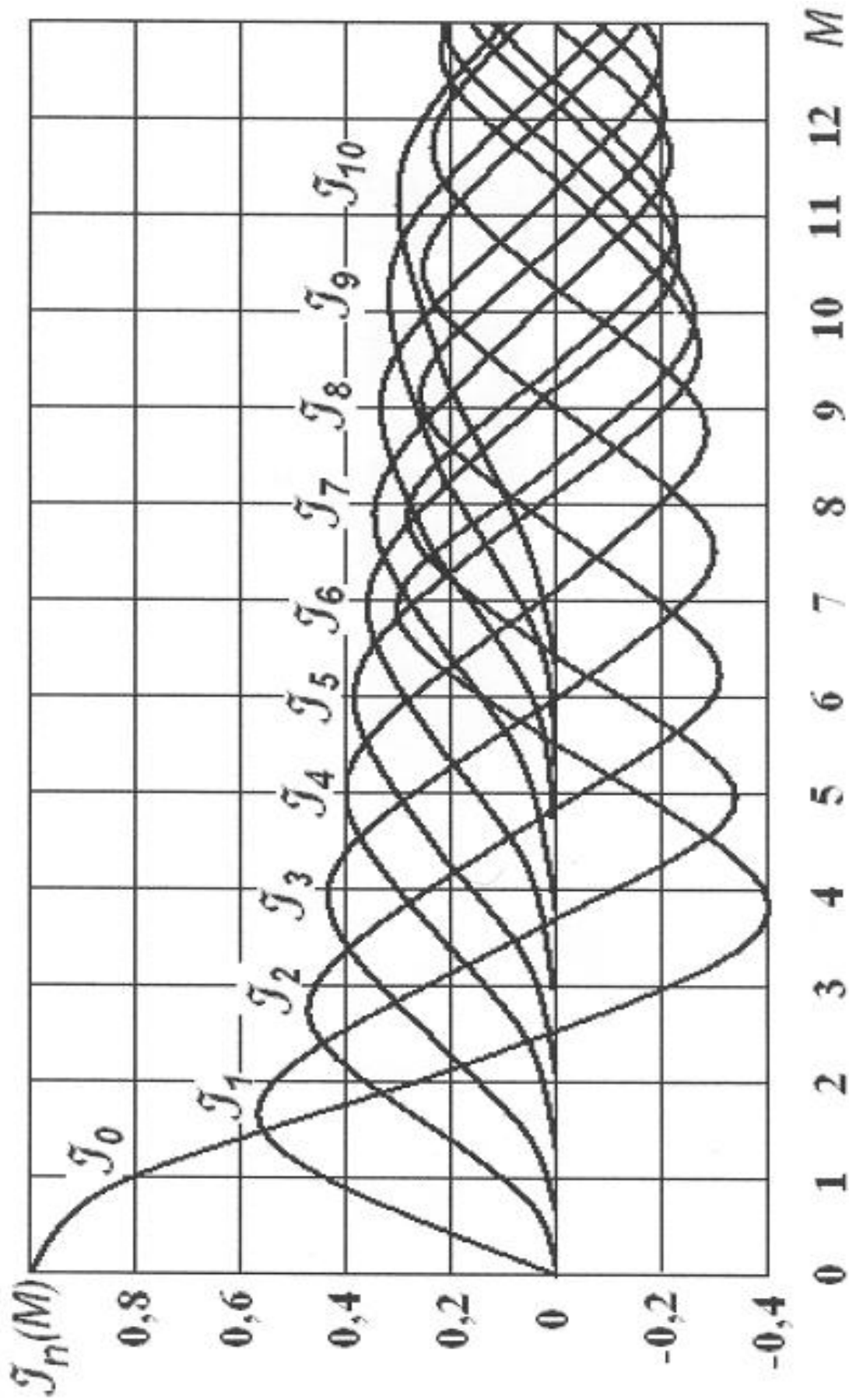


Рисунок 3 - Графики функций Бесселя первого рода n - го порядка от аргумента M

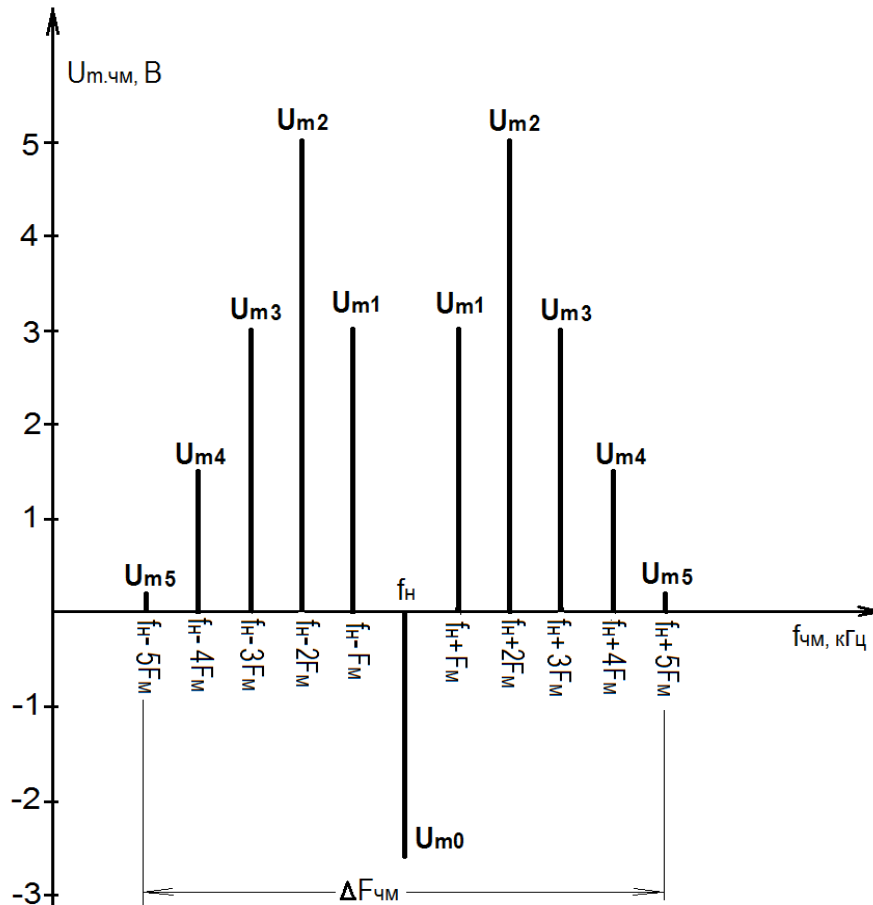


Рисунок 4 – Спектральная характеристика частотно – модулированного сигнала

Пример спектральной характеристики ЧМ сигнала с параметрами $U_m = 10 \text{ В}$, $f_n = 1 \text{ МГц}$, $F_m = 20 \text{ кГц}$, $M = 3$ приведен на Рисунке 4.

$$U_{mn} =$$

Задача 4

1. Дайте определение понятия «кодирование сообщений». Поясните: какие коды называются «корректирующими». Поясните принципы построения корректирующих кодов.

2. Приведите классификацию корректирующих кодов.

3. Дайте краткую характеристику циклических кодов.

4. На вход декодера поступили кодовые комбинации: $B'_1, B'_2, B'_3, B'_4, B'_5$ циклического кода (7, 4). Определить: число информационных символов k , число проверочных символов r . Обнаружить и исправить ошибки в принятых комбинациях, если таковые имеются. Исходные данные приведены в Таблице 5.

Для нечетных вариантов используется порождающий полином $G_1 = x^3 + x^2 + 1$, а для четных - порождающий полином $G_2 = x^3 + x^1 + 1$

Таблица 5 – Исходные данные

Номер	Принятые кодовые комбинации
-------	-----------------------------

варианта	B'_1	B'_2	B'_3	B'_4	B'_5
	1100111	1110011	1000111	0011100	0111001
2	1010101	1100110	1001101	1011010	0010101
3	0011100	0101010	1010111	0110011	1001100
4	1100110	1100100	0010101	1010100	1111100
5	0011111	0101010	1010101	0011011	0111010
6	1110011	1100111	0011011	0111001	0011100
7	1010101	1110100	1011101	1111011	0110011
8	0011010	1100101	0000111	0111001	0110011
9	0111001	0010101	1001100	1111111	0001100
10	1110111	0110011	1100100	1101010	1010101

Методические указания по выполнению задачи 4

Для решения задачи необходимо изучить материал, изложенный в [2, §9.1, §9.2, §9.3].

Под кодированием понимают преобразование сообщений дискретного источника для передачи их по дискретному каналу. Реализация кодирования на передающей стороне всегда предполагает применение обратной процедуры – декодирования для восстановления принятого сообщения Устройства, осуществляющие кодирование и декодирование, называются соответственно кодер и декодер.

По своему назначению кодирование подразделяется на примитивное, экономное и помехоустойчивое.

Помехоустойчивое, или избыточное, кодирование применяется для обнаружения и (или) исправления ошибок, возникающих при передаче по дискретному каналу, и, следовательно, такие коды являются корректирующими.

Принцип построения корректирующих кодов заключается в том, что из общего числа возможных кодовых комбинаций M_0 используются только часть комбинаций M_p , $M_p < M_0$. Остальные комбинации являются запрещенными и их появление свидетельствует о возникновении ошибки. Таким образом, любой корректирующий код является кодом с избыточностью.

Исходя из основных параметров и способов кодирования, корректирующие коды можно подразделить на блочные и непрерывные.

В блочных кодах каждому знаку алфавита соответствует кодовая комбинация (блок) из n элементов. Операции кодирования и декодирования в каждом блоке производятся отдельно.

В непрерывных кодах информационная последовательность не разделяется на блоки, а проверочные символы размещаются определенным образом между информационными символами.

И блочные, и непрерывные коды могут быть разделимыми и неразделимыми.

В разделимых кодах всегда можно выделить информационные и проверочные символы, а в неразделимых – нет.

Разделимые коды, в свою очередь, делятся на систематические и несистематические. Систематическими называются коды, у которых сумма «по модулю 2» двух разрешенных кодовых комбинаций снова дает разрешенную комбинацию.

Циклические коды являются блочными разделимыми кодами. Обозначение «(n, k) – код» указывает на общее количество символов в комбинации – n, информационных символов – k, число проверочных символов r определяется по формуле $r = n - k$.

Циклические коды относятся к систематическим. Они получили название благодаря своему свойству: циклическая перестановка символов разрешенной кодовой комбинации дает снова разрешенную комбинацию. В теории циклических кодов все преобразования производятся в виде математических операций над полиномами (многочленами). В частности, для обнаружения ошибочно принятого символа достаточно разделить полином, представляющий принятую кодовую комбинацию $V'(x)$, на порождающий полином $G(x)$. Остаток от деления $R(x)$ будет являться синдромом кода C , который укажет на расположение ошибки в кодовой комбинации. Взаимосвязь между синдромом и искаженным символом приведена в Таблице 6.

Например, принята комбинация циклического кода $V' = 1101111$. Тогда степенной полином, отображающий заданную двоичную комбинацию, будет иметь вид:

$$V'(x) = 1 \cdot x^6 + 1 \cdot x^5 + 0 \cdot x^4 + 1 \cdot x^3 + 1 \cdot x^2 + 1 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0 = x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + x^1 + 1.$$

Если порождающий полином $G_2 = x^3 + x^1 + 1$, то в результате деления получается остаток $R(x) = x^2 + x^1 + 0$, следовательно, синдром кода $C = 110$

Полученное значение синдрома $C = 110$ свидетельствует о том, что ошибка произошла при приеме символа разряда x^4 , и исправленная комбинация будет иметь вид $V_p' = 1111111$.

$$\begin{array}{r}
\oplus \begin{array}{r} X^6 + X^5 + X^3 + X^2 + X^1 + 1 \\ X^6 + X^4 + X^3 \\ \hline \end{array} \quad \left| \begin{array}{r} X^3 + X^1 + 1 \\ X^3 + X^2 + X^1 + 1 \end{array} \right. \\
\oplus \begin{array}{r} X^5 + X^4 + X^2 + X^1 + 1 \\ X^5 + X^3 + X^2 \\ \hline \end{array} \\
\oplus \begin{array}{r} X^4 + X^3 + X^1 + 1 \\ X^4 + X^2 + X^1 \\ \hline \end{array} \\
\oplus \begin{array}{r} X^3 + X^2 + 1 \\ X^3 + X^1 + 1 \\ \hline \end{array} \\
R(x) = X^2 + X^1 + 0
\end{array}$$

Таблица 6 - . Взаимосвязь между синдромом и искаженным символом кода (7,4)

Ошибочный символ	X^6	X^5	X^4	X^3	X^2	X^1	X^0
Синдром при $G_1 = x^3 + x^2 + 1$	110	011	111	101	100	010	001
Синдром при $G_2 = x^3 + x^1 + 1$	101	111	110	011	100	010	001

Задача 5

1. Дайте определение понятия «длинная линия».
2. Приведите эквивалентную электрическую схему двухпроводной линии длиной 1 км.
3. Дайте определение понятия «конструктивные параметры». Поясните физический смысл первичных (конструктивных) параметров и их зависимость от частоты передаваемого сигнала.
4. Дайте определение понятия «параметры передачи». Поясните физический смысл вторичных параметров (параметров передачи)
5. Рассчитайте значения вторичных параметров двухпроводной линии длиной 1 километр и скорости распространения электромагнитной волны в заданной линии для пяти значений частоты передаваемого сигнала. Исходные данные для расчета приведены в Таблице 7.
6. Начертите графики зависимости рассчитанных параметров от частоты передаваемого сигнала. Поясните полученные графики частотной зависимости.

Таблица 7 – Исходные данные

№ Варианта	F, МГц	R, Ом/км	L, мГн/км	C, нФ/км	G, мкСм/км
1	0,05	43	0,82	24	4,5
	0,075	55	0,81	24	6,1
	0,2	90	0,76	24	12
	0,3	110	0,732	24	26,2
	0,35	120	0,728	24	30,3
2	0,1	63	0,8	25,5	9
	0,15	77	0,78	25,5	14
	0,225	95	0,75	25,5	20,8
	0,35	120	0,728	25,5	30,3
	0,4	125	0,726	25,5	36
3	0,1	63	0,8	23,5	9
	0,175	85	0,77	23,5	16
	0,25	100	0,74	23,5	22
	0,35	120	0,728	23,5	30,3
	0,5	130	0,725	23,5	45
4	0,05	43	0,82	25	4,5
	0,1	63	0,8	25	9
	0,2	90	0,76	25	18
	0,4	125	0,726	25	36
	0,55	135	0,724	25	50
5	0,075	55	0,81	24	6,1
	0,125	71	0,79	24	11,5
	0,175	85	0,77	24	16

	0,25	100	0,74	24	22,5
	0,3	110	0,732	24	26,2
6	0,12	68	0,792	23	11,3
	0,16	83	0,778	23	14,5
	0,24	100	0,743	23	21,9
	0,28	106	0,733	23	26,5
	0,4	125	0,726	23	36
7	0,06	45	0,8	24,5	5,2
	0,12	70	0,791	24,5	11,3
	0,18	85	0,765	24,5	16,3
	0,3	110	0,732	24,5	26,2
	0,36	122	0,726	24,5	30,5
8	0,05	43	0,82	25	4,5
	0,15	77	0,78	25	14,4
	0,2	100	0,74	25	22
	0,35	120	0,728	25	30,3
	0,55	135	0,724	25	50
9	0,05	43	0,82	23,5	4,5
	0,1	63	0,8	23,5	9
	0,3	110	0,732	23,5	26,2
	0,35	120	0,728	23,5	30,3
	0,5	130	0,725	23,5	45
10	0,1	63	0,8	25,5	9
	0,2	90	0,76	25,5	18
	0,3	110	0,732	25,5	26,2

	0,4	125	0,726	25,5	36
	0,5	130	0,725	25,5	45

Методические указания по выполнению задачи 5

Для решения задачи необходимо изучить материал, изложенный в [1, §9.1, §9.2] или в [2, § 11.2].

Длинной линией называют систему проводов, геометрическая длина l которых соизмерима с длиной волны λ электромагнитных колебаний или больше ее. Параметры длинных линий не сосредоточены в каких-либо определенных участках линии, а распределены вдоль всей длины проводов. Таким образом, длинные линии можно рассматривать как электрические цепи с распределенными параметрами. Такую линию можно представить как последовательное соединение большого числа ее малых участков длиной Δl . Для сравнения между собой линий с различными электрическими параметрами за основу берут участок линии длиной $\Delta l = 1 \text{ км}$ (или 1 м , если линия короткая). Эквивалентные электрические схемы участков линии приведены на Рисунке 5. Обобщенное изображение двухпроводной линии дано на рисунке 5-а).

Показанные на схеме элементы символизируют конструктивные (они же первичные) параметры. Числовые значения этих параметров зависят от физических свойств материалов, используемых при изготовлении линии заданной конструкции, а также от частоты передаваемого сигнала и характеризуют физические процессы в линии.

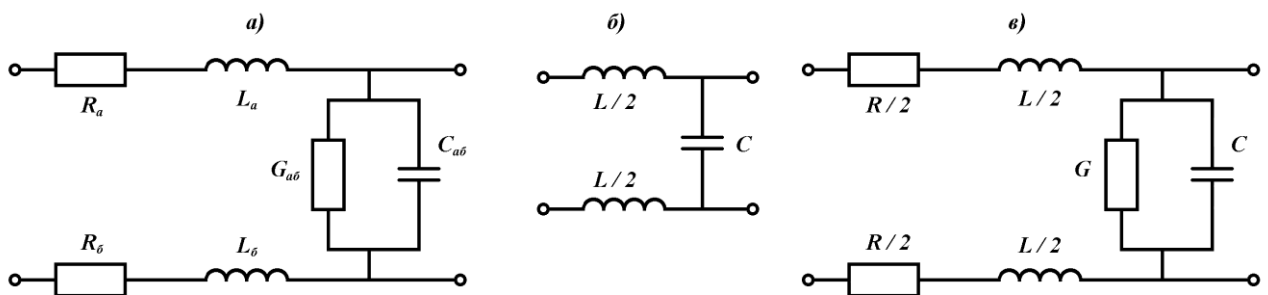


Рисунок 5 – Эквивалентные электрические схемы двухпроводных линий: а) – несимметричная, б) симметричная без потерь; в) – симметричная с потерями.

$R = R_a + R_b$, [Ом/км] - активное сопротивление проводов линии, показывает потери энергии в виде тепла;

$L = L_a + L_{\sigma}$, [Гн/км] - индуктивность проводов линии, показывает магнитное поле вокруг проводов линии;

$C_{a\sigma}$, [Ф/км] - электрическая емкость линии, показывает электрическое поле в диэлектрике между проводами линии;

$G_{a\sigma}$, [См/км] - проводимость диэлектрика, изолирующего провода линии.

Вторичные параметры линии характеризуют влияние линии на свойства передаваемых сигналов. К параметрам передачи относятся:

α , [дБ/км] - коэффициент затухания, показывает уменьшение мощности передаваемого сигнала;

β , [рад/км] - коэффициент фазы, показывает сдвиг фазы передаваемого сигнала;

Z_B , [Ом] - волновое сопротивление, показывает сопротивление, которое оказывает линия распространяющейся электромагнитной волне;

V , [км/с] – скорость распространения электромагнитной волны в данной линии.

Числовые значения вторичных параметров зависят от конструкции линии и от частоты передаваемого сигнала.

В области высоких частот (выше 30 кГц) для расчета вторичных параметров можно воспользоваться приближенными формулами:

$$\alpha = \left(\frac{R}{2Z_B} + \frac{GZ_B}{2} \right) \cdot 8,69 \text{ [дБ/км]; } Z_B = \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ [Ом]; } \beta = \omega\sqrt{LC} \text{ [рад/км];}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ [км/с].}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники:

1. К.Е. Румянцев, П.А. Землянухин, А.И. Окорочков. Радиотехнические цепи и сигналы. - М., АКАДЕМІА, 2009.

2. А.В. Смирнов. Теория электросвязи: Учебное пособие. – М., УМЦ ФАС, 2012.
Дополнительные источники:

3. Ю.П. Акулиничев. Теория электрической связи: Учебное пособие. – СПб., Лань, 2010.

4. В.И. Каганов. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс.- М., Форум – Инфра-М, 2011.

5. В.И. Каганов. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторный компьютерный практикум. - М., Горячая линия – Телеком, 2011.

6. У. Томаси . Электронные системы связи. - М., Техносфера, 2007.

7. Б.И. Филиппов. Теория электрической связи: Учебное пособие. – Новосибирск, СибГУТИ, 2011.

8. Интернет ресурсы:

www.twirpx.com/file/113220

www.regionbook.ru 2007.