

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Ульяновский государственный технический университет

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Сборник лабораторных работ
для студентов направления 11.03.02

Составитель С. В. Елягин

Ульяновск 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 1	
ИЗУЧЕНИЕ ПОНЯТИЯ УРОВЕНЬ ПЕРЕДАЧИ	4
2. Лабораторная работа № 2	
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	7
3. Лабораторная работа № 3	
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ УПЛОТНЕНИЯ	
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ	11
4. Лабораторная работа № 4	
ИЗУЧЕНИЕ КВАДРАТУРНОЙ	
АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ	14
5. Лабораторная работа № 5	
ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ИКМ-30	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ПОНЯТИЯ УРОВЕНЬ ПЕРЕДАЧИ

Цель работы: Изучение понятий абсолютный, измерительный и относительный уровни передачи.

1.1. Краткие теоретические сведения

Электрические сигналы количественно описываются мощностью, напряжением, током. В технике электросвязи принято пользоваться логарифмическими характеристиками (уровнями передачи). Уровни передачи, вычисленные посредством десятичных логарифмов, называются децибелами (дБ).

Уровни передачи по мощности, напряжению и току:

$$P_M = 10 \cdot \lg \frac{P_x}{P_0}, \quad P_H = 20 \cdot \lg \frac{U_x}{U_0}, \quad P_m = 20 \cdot \lg \frac{I_x}{I_0},$$
$$P = \frac{U^2}{|Z|}, \quad P = I^2 \cdot |Z|, \quad (1.1)$$

где P_x , U_x , I_x – величины мощности, напряжения и тока в рассматриваемой точке x ; P_0 , U_0 , I_0 – величины, принятые за исходные. За исходную величину принята мощность $P_0 = 1$ мВт (за эталонный уровень шума принята мощность в 1 пВт). Тогда при номинальном сопротивлении $|Z| = 600$ Ом действующие значения напряжения и тока соответственно равны $U_0 = 0,7746$ В и $I_0 = 1,291$ мА.

Средняя мощность сигнала в общем случае равна

$$P_c = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} I(t)U(t) dt. \quad (1.2)$$

При подаче на вход тракта гармонического сигнала с абсолютным уровнем, регламентированным для данного вида измерений, в точках тракта устанавливаются абсолютные уровни, которые называются *измерительными*. Значения измерительных уровней приводятся в технической документации. Они обозначаются дБм, дБн, дБт.

Иногда за исходные величины принимают значения P_H , U_H , I_H в начале тракта. Тогда вычисленные уровни

$$P_{M0} = 10 \cdot \lg \frac{P_x}{P_H} \quad (1.3)$$

называют относительными и обозначают как дБ₀м, дБ₀н, дБ₀т. Приведенные уровни совпадают с коэффициентом усиления по мощности, напряжению и току. Если величины положительные, то имеет место усиление, если уровни отрицательные – то затухание.

При нормировании величин сигналов используют понятие точки нулевого относительного уровня по мощности (ТНОУ). Абсолютный уровень P_{M0} , определенный в ТНОУ, обозначается дБм0, и он равен $P_{M0} = P_H - P_H = 0$ дБм0. Тогда нормированный уровень в измерительной точке равен: $P_{M0} = P_{изм} - P_H$.

Остаточное затухание – это рабочее затухание канала, определяемое как разность между суммой всех затуханий и суммой всех усилений в канале на заданной частоте. Имея ввиду равенство входного и выходного сопротивлений канала, остаточное затухание можно определить как разность уровней передачи

$$a_{ост} = P_{вх} - P_{вых}. \quad (1.4)$$

1.2. Задание к лабораторной работе

1.2.1. Рассчитать аттенюатор, приведенный на рис. 1.1. Исходные данные взять из табл. 1.1 согласно варианту задания.

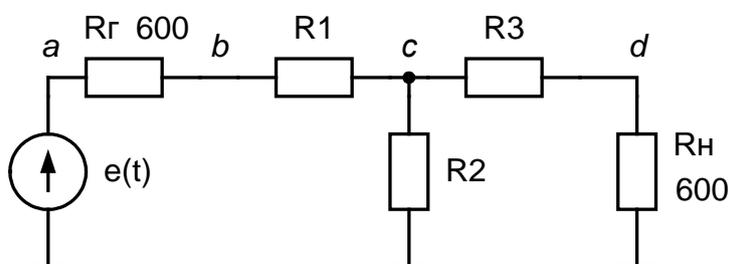


Рис. 1.1. Схема исследуемого аттенюатора

Табл. 1.1

Варианты заданий

№ варианта	Ослабление, дБ	$\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R2}$, Ом	$\frac{R2}{R2}$, Ом
1	1	0,0575	8,668
2	2	0,1147	4,305
3	3	0,1708	2,838
4	4	0,2263	2,097
5	5	0,2800	1,645
6	6	0,3323	1,339
7	7	0,3823	1,117
8	8	0,4305	0,9458
9	9	0,4762	0,8118
10	10	0,5195	0,7032

1.2.2. Открыть файл АТТ.ewb.

1.2.3. Измерить мощность сигнала в точках $a - d$. Результаты измерений занести в табл. 1.2. За ТНОУ принять вход аттенюатора (точка b).

Результаты измерений

Уровень сигнала	P_a	P_b	P_c	P_d
Мощность сигнала, Вт				
Измерительный уровень, дБ				
Относительный уровень, дБ				
Нормированный относительный уровень, дБ				

1.2.4. Определить остаточное затухание исследуемого аттенюатора.

1.2.5. Установить на входе аттенюатора эталонный уровень 1 мВт. Повторить п. 1.2.3.

1.2.6. Открыть файл АТТ1.ewb. Измерить среднюю мощность шума на нагрузке 1 Ом. Найти измерительный уровень шума.

Замечание. В процессе измерения использовать режим расчета переходных процессов (Analysis/ Transient). Время анализа установить 1 с.

1.2.7. Оформить отчет, сделать выводы по работе.

1.3. Контрольные вопросы

1. Дайте понятие уровню передачи.
2. Что такое остаточное затухание?
3. Назовите причины использования логарифмических единиц измерения.
4. Для чего используется психометрическое взвешивание при измерении мощности шума.
5. Перечислите источники шума в телефонных линиях связи.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Цель работы: Изучение дифференциальной системы, системы эхокомпенсации и вопросов устойчивости канала ТЧ.

2.1. Краткие теоретические сведения

Канал двустороннего действия необходим для организации телефонных переговоров. Чтобы дать возможность абонентам одинаковые права (возможность перебить собеседника).

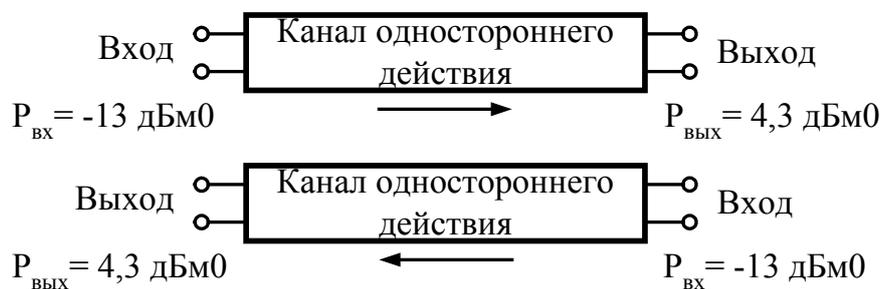


Рис. 2.1. Канал двустороннего действия с четырехпроводным окончанием

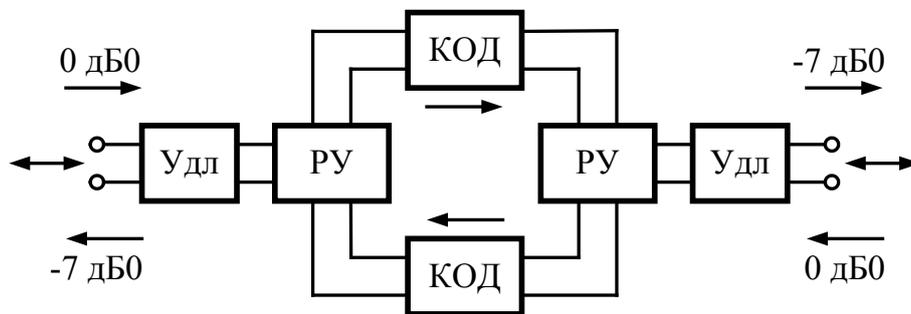


Рис. 2.2. Канал двустороннего действия с двухпроводным окончанием

Развязывающее устройство (РУ) обеспечивает разделение направлений передачи по каналам одностороннего действия (КОД). В качестве развязывающего устройства используется дифференциальная система, приведенная на рис. 2.3. Дифференциальная система будет сбалансирована, если $I_1 w_n = I_2 w_m$ (если дифференциальная система симметрична $w_n = w_m$, то

$I_1 = I_2 \Rightarrow Z_{ал} = Z_{бк}$). Кроме того $Z_{ок} = \frac{Z_{ал}}{2n^2}$, $Z_{нк} = \frac{Z_{ал}}{2}$, где $n = w_n/w_0$ – коэффициент трансформации.

При сбалансированной дифсистеме имеют место следующие затухания $a_{1-3} = 3 \text{ дБ}$, $a_{2-1} = 3 \text{ дБ}$, $a_{2-3} = \infty$.

При отсутствии баланса дифсистемы часть энергии с зажимов 4 отразится от зажимов 1 и поступит на зажимы 3, поэтому затухание просачивания

$$a_{2-3} = a_{2-1} + a_{отр} + a_{1-3}, \quad (2.1)$$

где A_e – балансное затухание $A_e = 20 \cdot \lg \left| \frac{Z_{ал} + Z_{бк}}{Z_{ал} - Z_{бк}} \right|$.

После упрощения $a_{2-3} = A_e + 6$ дБ.

Электрическое эхо возникает в случае несбалансированности дифсистемы. В результате возникает просачивание сигнала из прямого канала в обратный канал, что приводит к самопрослушиванию.

2.2. Исследование дифференциальной системы

Загрузить файл DIFF.ewb.

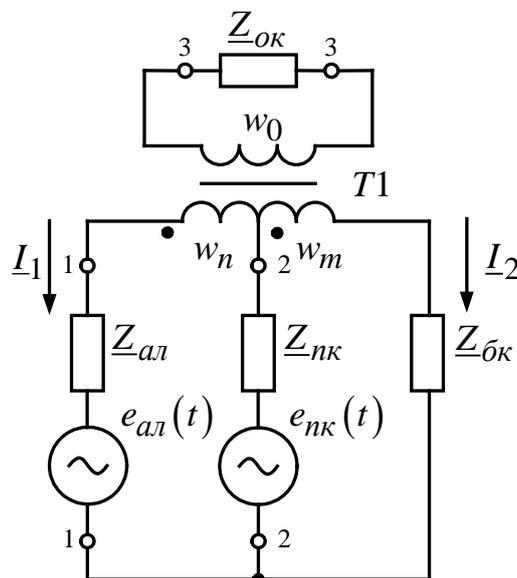


Рис. 2.3. Дифференциальная система

2.2.1. Для заданной дифсистемы определить коэффициенты приема $K_{прм}$, передачи $K_{прд}$ и просачивания $K_{прс}$ на частотах 300, 800 и 3400 Гц.

$$K_{прм} = \frac{U_{33'}}{U_{11'}}, \quad (2.2)$$

$$K_{прд} = \frac{U_{22'}}{U_{11'}}, \quad (2.3)$$

$$K_{прс} = \frac{U_{33'}}{U_{22'}}. \quad (2.4)$$

2.2.2. Установить сопротивления абонентской линии $Z_{л}$ и балансного контура $Z_{бк}$ равными 600 Ом и повторить п. 2.2.1.

2.3. Исследование системы эхокомпенсации

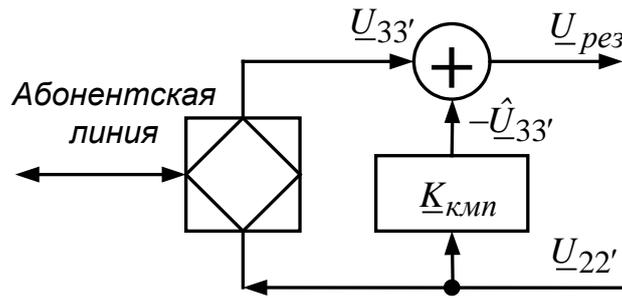


Рис. 2.4. Система эхокомпенсации

2.3.1. Установить сопротивления абонентской линии $Z_{л}$ и балансного контура $Z_{бк}$ равными 600 Ом.

2.3.2. Построить передаточную функцию $\underline{K}_{npc} = \frac{U_{33'}}{U_{22'}}$ для участка 22' – 33'

дифсистемы.

2.3.3. Подобрать компенсационный четырехполюсник с передаточной функцией $\underline{K}_{кмп}$, примерно равной $-\underline{K}_{npc}$.

2.3.4. Собрать систему эхокомпенсации и убедиться в ее эффективности.

2.3.5. Установить сопротивление абонентской линии, равное $600 + \frac{1}{j\omega \cdot 10^{-6}}$. Повторить пункты 2.3.2 – 2.3.4.

2.4. Исследование канала ТЧ с каналами одностороннего действия

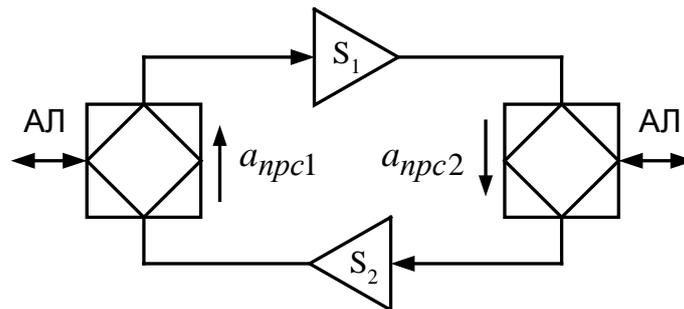


Рис. 2.5. Канал ТЧ с каналами одностороннего действия

Загрузить файл DIFF1.ewb.

2.4.1. Зарисовать сигналы в характерных точках канала ТЧ.

2.4.2. Изменяя усиление каналов одностороннего действия S_1 и S_2 , добиться самовозбуждения системы. Определить запас устойчивости по амплитуде относительно первоначального значения усиления каналов одностороннего действия.

2.4.3. Установить исходные параметры системы. Изменяя параметры балансного контура, добиться самовозбуждения системы.

2.4.4. Объяснить полученные результаты.

2.5. Контрольные вопросы

1. Объясните назначение дифференциальной системы.
2. Поясните принцип действия дифференциальной системы.
3. Объясните принцип действия системы эхокомпенсации.
4. Объясните принцип действия системы эхозаграждения.
5. Дайте определения следующим понятиям: уровень передачи, абсолютный уровень передачи, измерительный уровень передачи, относительный уровень передачи.
6. Что такое остаточное затухание?
7. Приведите структурную схему канала двустороннего действия с двухпроводным окончанием.

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ УПЛОТНЕНИЯ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ

Цель работы: Изучение методов частотного уплотнения, временного уплотнения, а также уплотнения по форме.

3.1. Краткие теоретические сведения

Многоканальные системы передачи информации предназначены для передачи по одному каналу сигналов нескольких источников сообщений. На передающей стороне из исходных (первичных) сигналов $S_i(t)$ ($i = \overline{1, N}$) формируется групповой сигнал $S_{gp}(t)$. На приемной стороне групповой сигнал разбирается на составляющие $\hat{S}_i(t)$, которые в общем случае отличаются от переданных сигналов. Причинами отличий являются процессы группирования и разгруппирования исходных сигналов, а также искажения при передаче сигнала.

Необходимым и достаточным условием разделения канальных сигналов является взаимная независимость канальных сигналов, т. е. они должны представлять систему независимых ортогональных сигналов:

$$\int_0^T S_i(t, \lambda_i) S_j(t, \lambda_j) dt = \begin{cases} const, n_{pi} & i \neq j \\ 0, n_{pi} & i = j \end{cases} \quad (3.1)$$

где λ – некоторый параметр.

Исходные (первичные) сигналы могут не обладать указанным свойством, для придания им этого свойства используется принцип модуляции. Таким образом, групповой сигнал формируется с использованием различных методов модуляции исходных сигналов, которые позволяют обеспечить возможность разделения исходных сигналов на приемной стороне.

3.2. Частотное уплотнение

Загрузить файл FDM.ewb.

3.2.1. Нарисовать структурную схему изучаемой системы частотного уплотнения.

3.2.2. Зарисовать сигналы в характерных точках системы.

3.2.3. Зарисовать спектры сигналов в характерных точках системы.

3.3. Временное уплотнение

Загрузить файл DTM.ewb.

3.3.1. Нарисовать структурную схему изучаемой системы временного уплотнения.

3.3.2. Зарисовать сигналы в характерных точках системы.

3.3.3. Ввести в линию связи частотные искажения и зарисовать сигналы в характерных точках системы. Объяснить полученные результаты.

3.4. Уплотнение по форме

Используется при уплотнении цифровых сигналов $X_i(t)$. В качестве ортогональных сигналов используются функции Уолша $W(i,t)$. Причем значение функции Уолша, равное 1 , заменяется на логический «0», а значение -1 – на логическую «1». Порядок функций Уолша определяется количеством первичных сигналов. Для формирования функций Уолша можно воспользоваться следующим правилом:

$$W_{i+1} = \begin{vmatrix} W_i & W_i \\ W_i & -W_i \end{vmatrix}, \text{ где } W_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix}. \quad (3.2)$$

Особенностью уплотнения по форме является то, что производится побитное уплотнение путем перемножения (сложение по MOD 2) бита сообщения с функцией Уолша, закрепленной за данным каналом. Промодулированный бит сообщения $X_i(\lambda_i)$ примет вид:

$$S_i(t, \lambda_i) = X_i(\lambda_i) \oplus W(i,t). \quad (3.3)$$

На рис. 3.1 приведена диаграмма формирования группового сигнала из трех первичных сигналов, представленных двумя битами.

Групповой сигнал определяется знаком суммы сигналов $S_i(t, \lambda_i)$, причем число первичных сигналов должно быть нечетным:

$$S_{gp}(t, \lambda) = \text{sign} \sum_{i=1}^n S_i(t, \lambda_i). \quad (3.4)$$

При демодуляции группового сигнала, с целью получения отдельных каналов, на приемной стороне выполняют перемножение (сложение по MOD 2) каждого бита группового сигнала с функцией Уолша, закрепленной за данным каналом. После чего определяют значение текущего бита путем последовательного анализа каждого единичного интервала (их четыре) внутри текущего бита. Так, если данный интервал установлен в единицу, то от промежуточной переменной ξ вычитается единица, если интервал сброшен в ноль, то к переменной ξ прибавляется единица. По окончании четвертого интервала значение переменной ξ сравнивается с нулем. Если она больше нуля, то принят «ноль», если меньше нуля то «единица». На рис. 3.2 приведены диаграммы сигналов выделения первого канала из группового сигнала.

Задание. Запустить программу MW.exe.

3.4.1. Для заданных двух соседних бит трех первичных сигналов получить групповой сигнал.

Замечание. Если преобразование выполнено верно, то в правой части экрана отобразится групповой сигнал.

3.4.2. Получить из группового сигнала первичные.

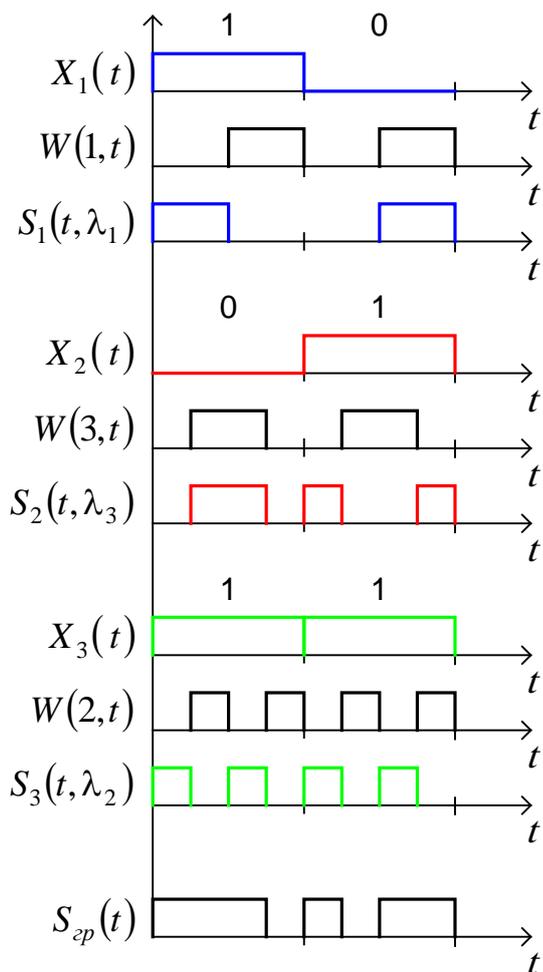


Рис. 3.1. Формирование группового сигнала

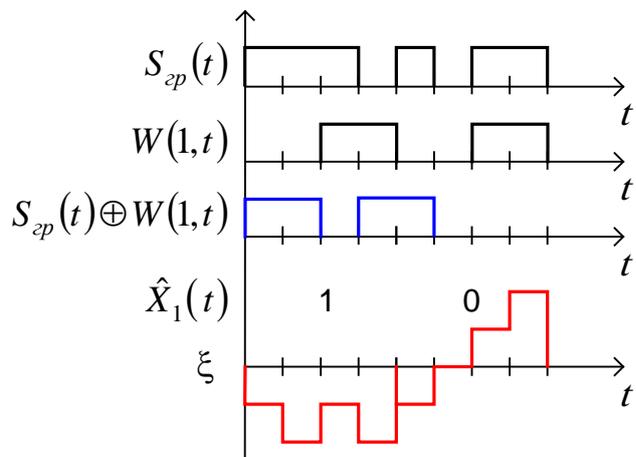


Рис. 3.2. Выделение первого канала из группового сигнала

3.4. Контрольные вопросы

1. Какая система называется многоканальной?
2. Приведите основные требования к уплотняемым сигналам.
3. Перечислите типы многоканальных систем передачи.
4. Какие типы многоканальных систем передачи применяются на территории РФ?
5. Что такое ИКМ?
6. Какие проблемы характерны для систем с частотным уплотнением?
7. Какие проблемы характерны для систем с временным уплотнением?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

4. ИЗУЧЕНИЕ КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Цель работы: Изучение квадратурной амплитудной модуляции (КАМ) и DMT модуляции.

4.1. Краткие теоретические сведения о квадратурной амплитудной модуляции

Сигнал $F(t)$ с квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ) описывается следующим выражением:

$$F(t) = I \cos(\omega t_c + \varphi) + Q \sin(\omega t_c + \varphi) = K \cos(\omega t_c + \vartheta),$$

$$K = \sqrt{I^2 + Q^2}, \quad \vartheta = \arctg \frac{Q}{I}, \quad (4.1)$$

где I и Q – синфазная и квадратурная составляющие модулирующего сигнала.

На рис. 4.1 и рис. 4.2 приведены квадратурный амплитудный модулятор КАМ-16 и демодулятор КАМ-16 соответственно.

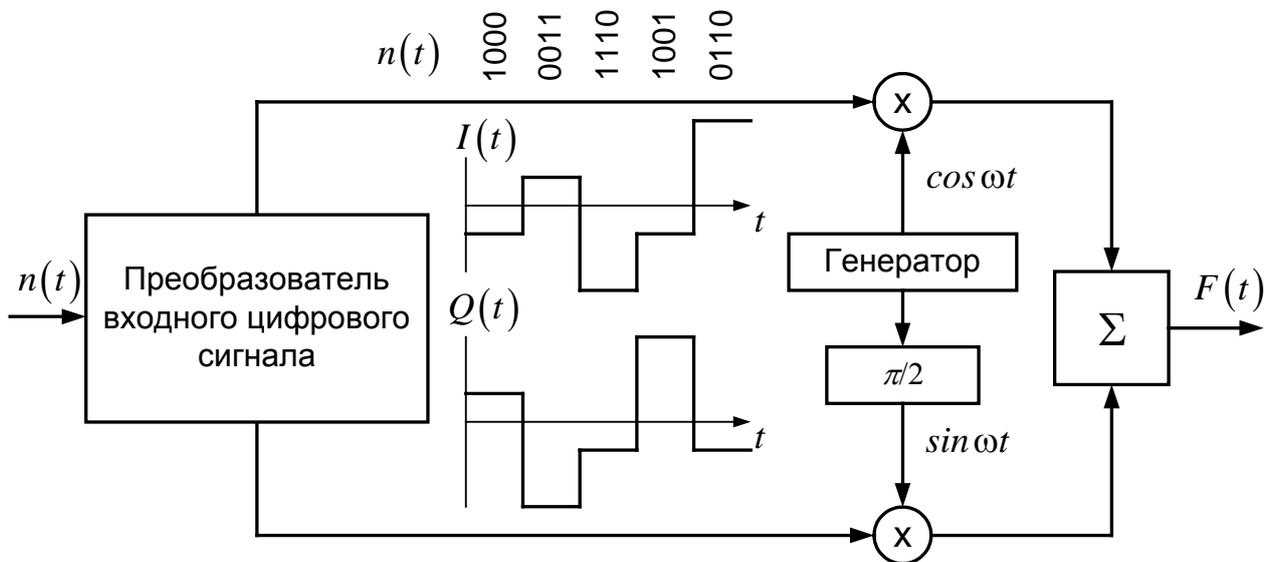


Рис. 4.1. Квадратурный амплитудный модулятор КАМ-16

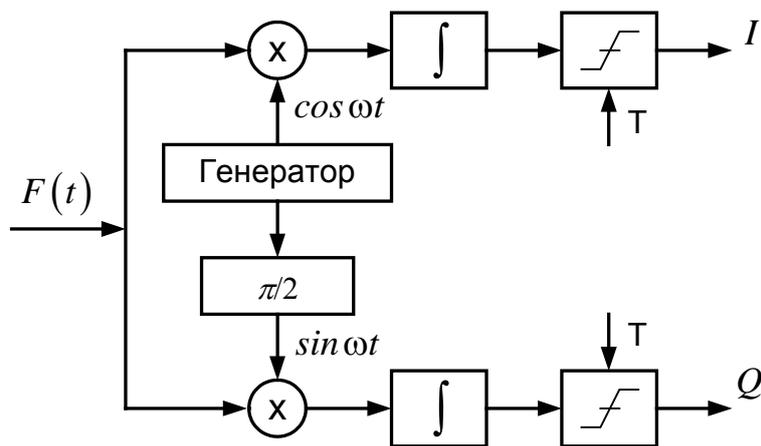


Рис. 4.2. Квадратурный амплитудный демодулятор КАМ-16

Задание. Открыть файл КАМ.mcd.

4.1.1. Уяснить правила работы модулятора КАМ-4 и КАМ-16.

4.1.2. Для любых двух входных сигналов $n(t)$ зарисовать сигналы I , Q и линейный сигнал $F(t)$.

4.1.3. Уяснить правила работы демодулятора КАМ-4 и КАМ-16.

4.1.4. Для любых двух входных линейных сигналов $F(t)$ зарисовать сигналы на выходах интеграторов и выходные сигналы I и Q .

4.1.5. Сформировать сигнальное созвездие для КАМ-16.

4.1.6. Подвергнуть фазовым искажениям линейный сигнал. Проследить за искажением сигнального созвездия.

4.2. DMT модуляция (Дискретная Многотональная Модуляция)

На рис. 4.3 и рис. 4.4 приведены упрощенные схемы модулятора и демодулятора DMT соответственно.

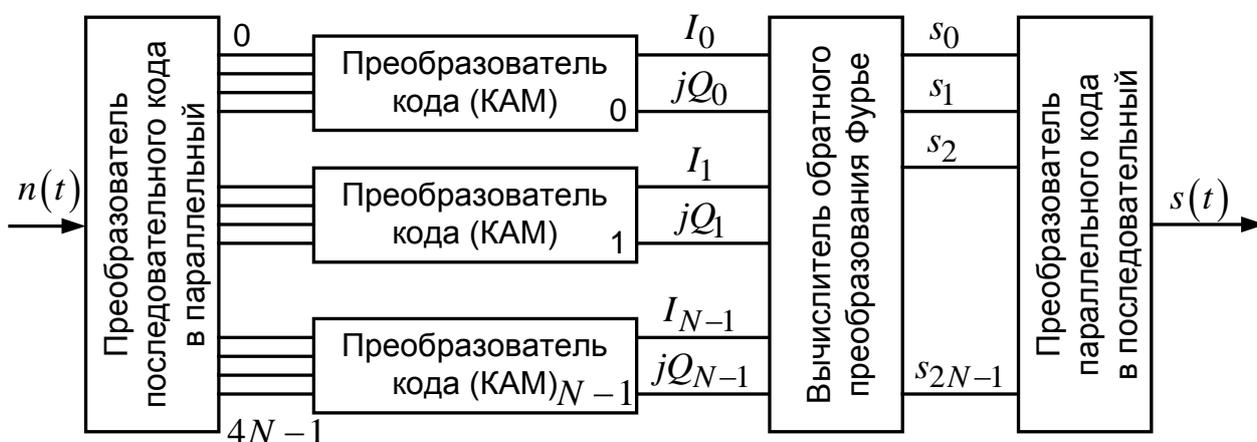


Рис. 4.3. Упрощенная схема модулятора DMT

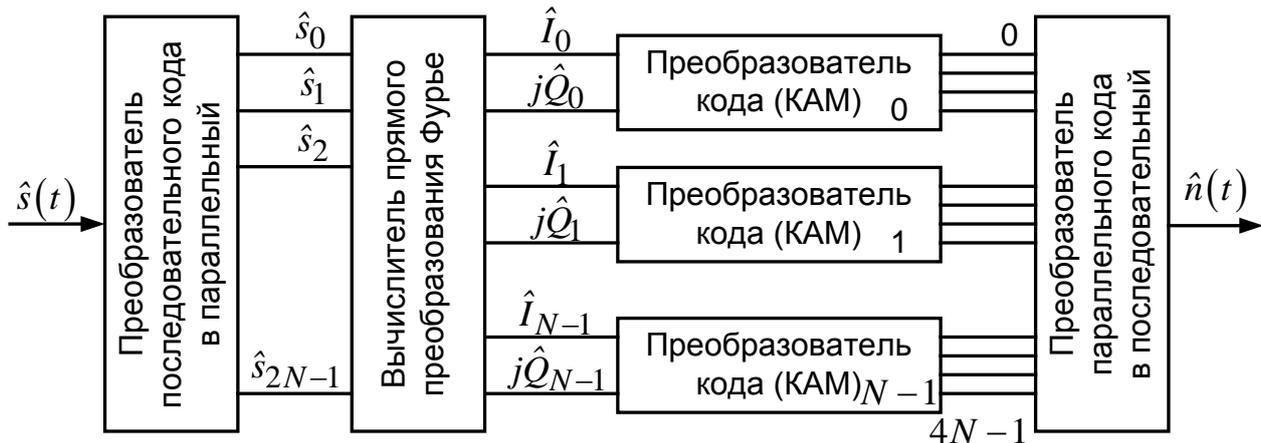


Рис. 4.4. Упрощенная схема демодулятора DMT

Задание. Открыть файл DMT.mcd.

4.2.1. Уяснить правила работы модулятора и демодулятора DMT.

4.2.2. Для заданной входной последовательности $n(t)$ зарисовать сигналы на выходах каждого из блоков (см. рис. 4.3 и рис. 4.4).

4.3.3. Зарисовать спектр линейного сигнала $s(t)$. Сопоставить спектральные составляющие линейного сигнала $s(t)$ с входной последовательностью $n(t)$ и со значениями промежуточных сигналов I_i и Q_i .

4.3.4. Ввести узкополосную помеху в линейный сигнал. Проследить за изменениями сигнала на выходе демодулятора.

4.3. Контрольные вопросы

1. Перечислите и поясните достоинства КАМ.
2. Объясните назначение технологии xDSL.
3. Какие виды модуляции линейного сигнала используются в xDSL.
4. Объясните алгоритм модуляции DMT.
5. Объясните алгоритм модуляции OFDM.
6. Объясните принцип работы модема 56К.
7. Приведите технические характеристики модемов xDSL.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ИКМ-30

Цель работы: Изучение оборудования и работы системы ИКМ-30

5.1. Линейный код HDB3 (код с высокой плотностью единиц)

Предотвращает появление более 3-х последовательных нулей. Комбинация **0000** заменяется на **B00V**.

B – импульс, соответствующий правильному чередованию полярности. Может принимать значения 0 и ± 1 .

V – импульс, нарушающий чередование полярности. Может принимать значения ± 1 .

Правило формирования кода HDB3.

Если после текущего единичного бита следует последовательность из четырех нулей, то четвертый нулевой бит заменяют на *V*, знак которого должен совпадать со знаком предыдущего единичного бита при условии, что предыдущий бит *V* имеет противоположный знак. В противном случае на место первого бита, в последовательности из четырех нулевых бит, ставят бит *B*, знак которого должен быть противоположен знаку предыдущего единичного бита. При этом знак бита *V* принимают таким же, как и знак бита *B*. Следует отметить, что два соседних бита *V* должны иметь противоположные знаки.

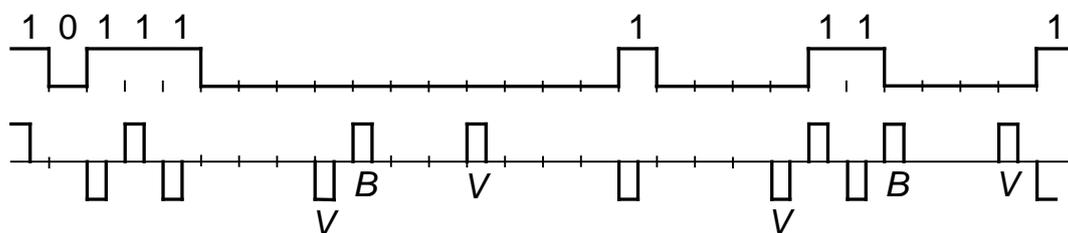


Рис. 5.1. Формирование линейного сигнала с кодом HDB3

Задание. Запустить программу HDB3.exe.

5.1.1. Выполнить кодирование заданной цифровой последовательности.

5.1.2. Выполнить декодирование линейного сигнала. Результаты выполненных преобразований показать преподавателю.

5.2. Запустить программу ИКМ-30.pps.

Письменно ответить на следующие вопросы:

1. Объясните назначение системы ИКМ-30.
2. Объясните порядок формирования потока Е-1.

3. Приведите электрические параметры линейного сигнала и линейного тракта.
4. Перечислите основные устройства линейного тракта системы ИКМ-30.
5. Перечислите основные задачи аналого-цифрового оборудования.
6. Чему равна длительность процесса преобразования аналогового сигнала?
7. Перечислите задачи приемопередатчика. Приведите его структуру.
8. Перечислите задачи кодирующего и декодирующего устройства.
9. Объясните назначение АИМ-2.
10. Перечислите задачи генераторного оборудования.
11. Чему равна длительность канальных интервалов?
12. Что означают следующие импульсы: Р1-Р8, КИ1-КИ31, Ц0-Ц15?
13. Чему равна частота следования сверхциклов? От чего она зависит?
14. Перечислите задачи устройства формирования группового ИКМ сигнала.
15. Перечислите задачи линейного оборудования.
16. Приведите состав линейного тракта.
17. Объясните назначение регенераторов. Поясните процесс регенерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зингеренко А. М. Системы многоканальной связи/ А. М. Зингеренко, Н. Н. Баева, М. С. Тверецкий. – М.: Связь, 1980. – 439 с.
2. Нормы на электрические параметры каналов ТЧ магистральной и внутризоновых первичных сетей. Приложение к приказу Министерства связи РФ от 15.04.96 № 43.
3. Вемян Г. В. Передача речи по сетям электросвязи/ Г. В. Вемян. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
4. Назаров М. В. Методы цифровой обработки и передачи речевых сигналов/ М. В. Назаров, Ю. Н. Прохоров. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.
5. Радиорелейные и спутниковые системы передачи: Учебник для вузов/ Под ред. А. С. Немировского. – М.: Радио и связь, 1986. – 392 с.
6. Многоканальная связь и РРЛ: Учебник для вузов связи/ Под ред. Н. Н. Баевой. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.
7. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов/ Под ред. В. И. Иванова. – М.: Радио и связь, 1995. – 232 с.
8. Метрологическое обеспечение систем передачи: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. Б. П. Хромого. – М.: Радио и связь, 1991. – 392с.

Учебное издание

×