

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой КИПР

В.Н. Татаринов

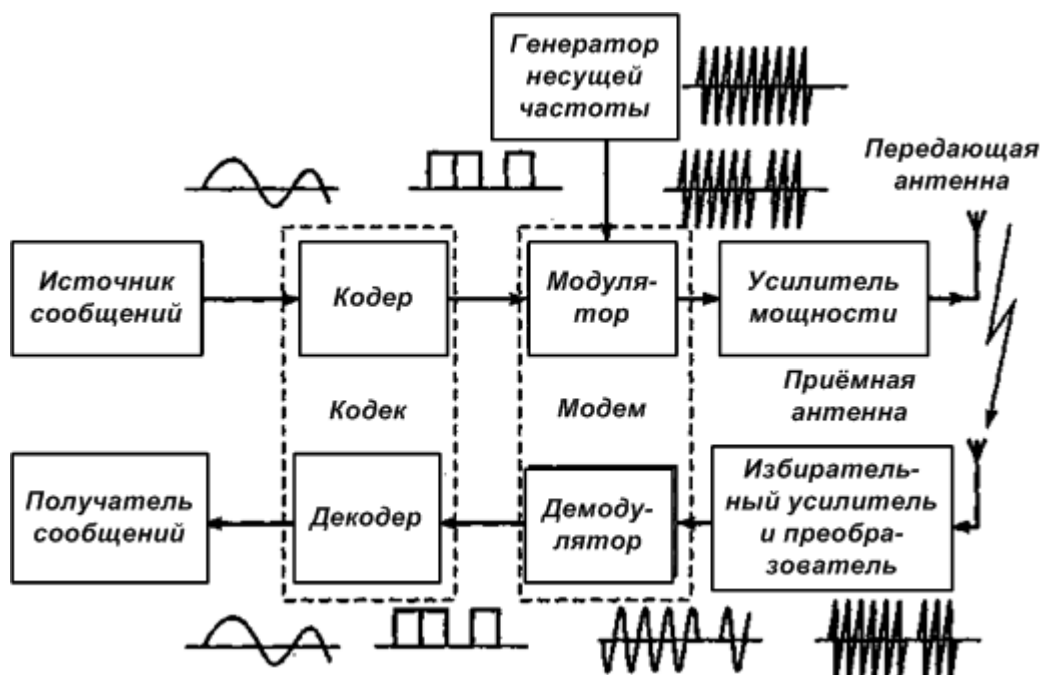
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

## Цифровая система связи

### РУКОВОДСТВО

к лабораторной работе по дисциплинам «Основы радиоэлектроники и связи» и «Радитехнические цепи и сигналы» для студентов радиоконструкторского факультета специальностей 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и 160905 (201300) «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»

Разработчики: доценты кафедры КИПР,  
кандидаты физико-математических наук  
В.Г. Козлов и А.П. Кулинич



## 1 Цели работы

Знакомство с основными функциональными узлами цифровой системы связи для передачи как дискретных, так и аналоговых сигналов.

Преобразование сигналов в отдельных блоках системы связи с разными видами модуляции и кодирования.

Демонстрация помехоустойчивости системы связи.

## 2 Общие теоретические сведения о цифровой системе связи

### 2.1 Системы связи [1]

Системой связи называется совокупность технических средств для передачи сообщений от источника к потребителю.

По виду передаваемых сообщений различают следующие системы связи:

- передача речи (телефония);
- передача подвижных изображений (телевидение);
- передача текста (телеграфия);
- передача неподвижных изображений, рисунков и текста (фототелеграфия);
- телеизмерение;
- телеуправление и передача данных.

По назначению телефонные и телевизионные системы делят на вещательные системы и на профессиональные системы, имеющие специальное применение (служебная связь, промышленное телевидение и т. д.). В системе телеизмерения физическая величина, подлежащая измерению (температура, давление, скорость и т. п.), с помощью датчиков преобразуется в электрический сигнал, поступающий на передатчик. На приемном конце переданную физическую величину или ее изменения выделяют из сигнала и наблюдают или регистрируют с помощью записывающих приборов. В системе телеуправления осуществляется передача команд для автоматического выполнения определенных действий.

Внедрение компьютеров привело к необходимости развития высокоскоростных систем передачи данных, обеспечивающих обмен информацией между вычислительными средствами и объектами автоматизированных систем управления.

Системы радиосвязи можно разделить *по назначению* на два класса: симплексные (связь «один-ко-всем») и дуплексные (связь «один-на-один») системы связи. Под *симплексной связью* понимают связь между двумя пунктами, при которой в каждом из них передача и прием сообщений ведутся поочередно на одной несущей частоте. Часто симплексная связь используется

для передачи информации в одном направлении (радиовещание, телевидение и т. д.). *Дуплексная связь* — двусторонняя радиосвязь между двумя пунктами, при которой передача и прием сообщений осуществляется одновременно на разных частотах. Разновидность симплексной связи - *полудуплексная связь*, когда система обеспечивает поочередно передачу и прием информации на двух разных несущих частотах с использованием ретрансляторов. Ретранслятор (от *pe...* и лат. *translator* — переносчик) — радиотехническое устройство, используемое как промежуточный приемопередающий пункт линии радиосвязи.

По числу используемых каналов различают *одноканальные* и *многоканальные* системы связи. Задача многоканальных систем связи — одновременная передача сообщений от многих источников по одному каналу.

Для увеличения пропускной способности большинства систем связи применяют временное и частотное уплотнение сигналов (рисунок 1).

При временном уплотнении, благодаря тому, что сигналы передаются не непрерывно, а только их отсчетами (выборками) в очень короткие временные интервалы, на одной и той же несущей частоте можно передавать ряд различных сигналов. Для этого разные сигналы  $U_1(t), U_2(t), \dots, U_n(t)$ , отражающие группу передаваемых сообщений, подключают к передатчику (рисунок 1, а) через аналоговый мультиплексор (от лат. *multiplex* — сложный, многократный). Сигналы сообщений, дискретизированные по времени, передаются с помощью одного из видов импульсной модуляции.

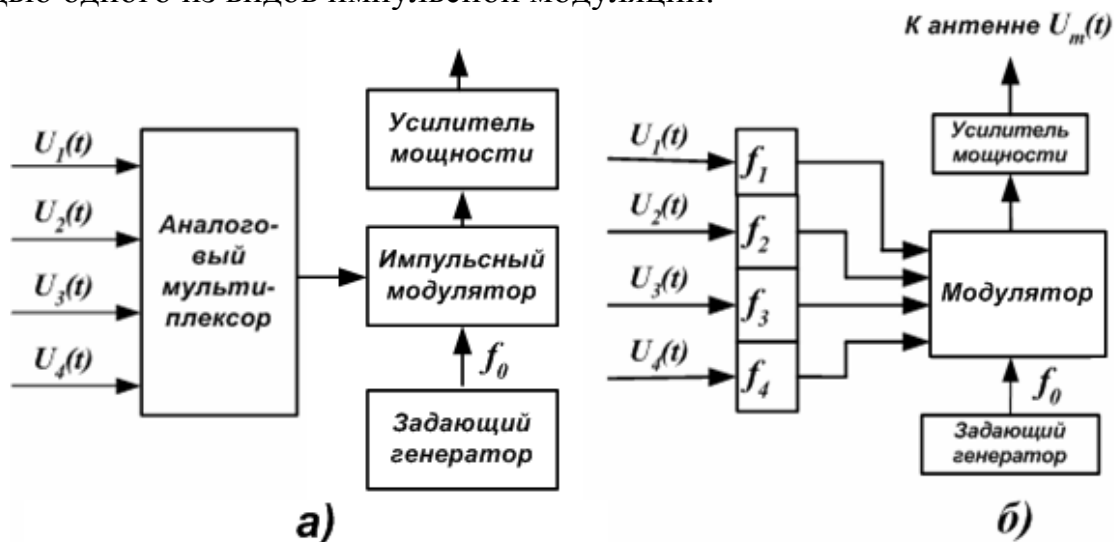


Рисунок 1- Структурная схема передающих устройств систем связи с уплотнением: а — временным. б — частотным

В системах передачи информации применяется частотное уплотнение сигналов, осуществляемое предварительно (перед основной модуляцией) дополнительной модуляцией на так называемых поднесущих частотах  $f_1, f_2, \dots, f_n$  (рисунок 1, б). Поднесущие частоты значительно превышают частоту передаваемого сигнала, но во много раз меньше несущей частоты. При этом передаваемые сиг-

налы предварительно поступают на модуляторы поднесущих частот, где осуществляется амплитудная, частотная или фазовая модуляция.

Необходимыми элементами модуляторов поднесущих частот являются полосовые фильтры (на рисунке 1, б они не показаны), настроенные на поднесущие частоты и подавляющие спектральные составляющие соседних каналов. Затем промодулированные сигналы, спектр которых перенесен в сравнительно низкочастотную область, подаются на основной модулятор, работающий на высокой несущей частоте  $f_0$ .

## 2.2 Аналоговые системы связи [1]

Рассмотрим структурную схему канала аналоговой (с непрерывными сигналами) системы связи с *амплитудной модуляцией* (АМ) несущего колебания, на которой для наглядности упрощенно показаны эпюры сигналов в некоторых ее точках (рисунок 2). Важным звеном системы связи является *источник* передаваемого сообщения. Это сообщение не является электрическим, и поэтому его необходимо преобразовать в электрический сигнал с помощью *преобразователя* сигнала (специальными датчиками неэлектрических величин, микрофона, передающей телевизионной трубки, телеграфного аппарата, заменяющего последовательность элементов сообщения последовательностью кодовых символов - 0, 1 или точка, тире, которая одновременно преобразуется в последовательность электрических импульсов постоянного тока). В последнее время в структурных схемах радиоканала источник сообщения и преобразователь сигнала объединяют в одно звено, называемое *источником первичных сообщений*.

Передаваемый (первичный) сигнал является низкочастотным, но термин низкочастотный здесь достаточно условен: в частности, телевизионный сигнал имеет спектр с полосой порядка 0..6 МГц. Поэтому в некоторых случаях первичный сигнал непосредственно передают по линии связи. Так поступают, например, в обычной городской телефонной связи. Для передачи на большие расстояния (по кабелю, оптическому волокну или радиоканалу) первичный сигнал преобразуют в высокочастотный.

Преобразование сообщения в электрический сигнал должно быть обратимым. В этом случае по выходному сигналу можно восстановить входной первичный сигнал, т. е. получить всю информацию, содержащуюся в переданном сообщении.

Передающее устройство включает в себя также *передатчик* (содержащий *модулятор, генератор несущей частоты и усилитель мощности*) и *передающую антенну*. Для передачи сообщения сигнал необходимо предварительно ввести в несущее высокочастотное электромагнитное колебание. Это осуществляется в модуляторе передатчика. Несущее колебание вырабатывается *генератором несущей частоты*. Процесс, в результате которого один или несколько параметров несущего колебания изменяется по закону передаваемого сообщения, называется

модуляцией (от латинского *modulatio* — размеренность). Модулированное высокочастотное колебание относят к *вторичным сигналам* и называют *радиосигналом*.

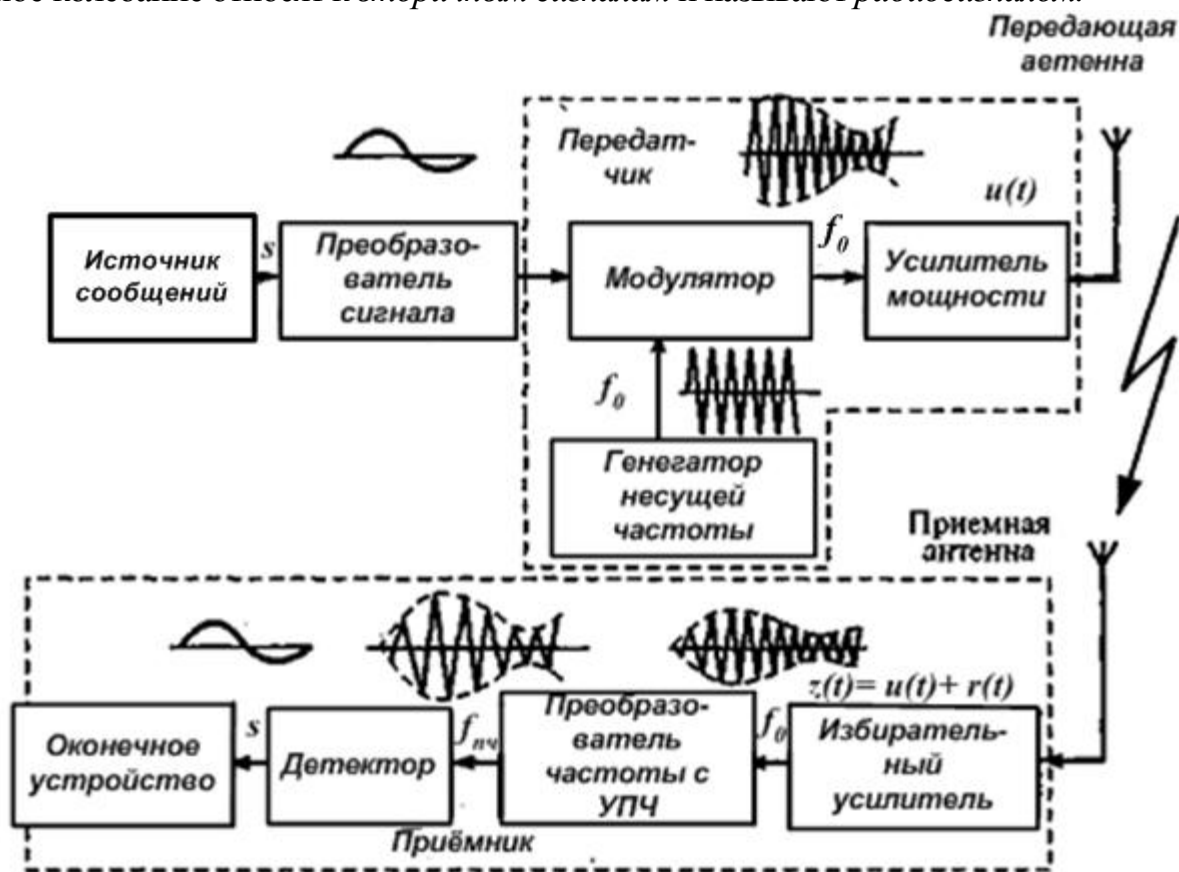


Рисунок 2 - Структурная схема канала аналоговой системы связи

При передаче сообщения по радиоканалу используют несколько видов модуляции: амплитудную, частотную, фазовую, импульсную, импульсно-кодировую и др. Амплитудная модуляция является наиболее простым и распространённым способом введения передаваемого сообщения (модулирующего сигнала) в высокочастотное несущее колебание. При амплитудной модуляции по закону передаваемого сообщения изменяется только амплитуда несущего колебания при неизменных остальных его параметрах.

Передача и прием модулированных электромагнитных колебаний (радиосигналов) осуществляется с помощью антенн.

Высокочастотные радиосигналы, улавливаемые приемной антенной, поступают в *приёмник*. Приемная антенна улавливает очень малую долю энергии, излученную передающей антенной, поэтому принятые модулированные колебания подаются предварительно на *избирательный усилитель*, который помимо усиления выделяет полезный радиосигнал из совокупности многих радиосигналов и помех, одновременно поступающих на приемную антенну.

Пусть требуется передать некоторое сообщение  $s$ , которое на выходе передающего устройства приняло вид канального сигнала  $u(t)$ . При передаче сиг-

нал  $u(t)$ , как правило, искажается, и на него могут накладываться помехи  $r(t)$ . Приемное устройство обрабатывает принятое колебание  $z(t) = u(t) + r(t)$ , представляющее собой сумму пришедшего искаженного сигнала  $u(t)$  и помехи  $r(t)$ , и восстанавливает по нему сообщение  $\hat{s}$ , которое с некоторой погрешностью отображает переданное сообщение  $s$ . Другими словами, приемник должен на основе анализа колебания  $z(t)$  определить, какое из возможных сообщений передавалось.

Усиление радиосигналов осуществляется и в последующих каскадах приёмника. Непосредственное усиление сигнала используется крайне редко из-за того, что при переходе на прием другой станции требуется перестраивать избирательный усилитель, сохраняя высокую частотную селекцию или избирательность, т. е. выделять полезный сигнал из других сигналов и помех. Эта проблема становится чрезвычайно сложной, когда требуется большое усиление и, следовательно, применение нескольких усилительных каскадов. Задача упрощается, если в приёмнике используется *преобразователь*, в котором разные несущие частоты сигналов, поступающих на вход его *смесителя*, преобразуются (точнее, переносятся, транспонируются) с помощью вспомогательного генератора (гетеродина) в сигналы с одинаковой, более низкой несущей частотой, называемой промежуточной. Тогда дальнейшее усиление информационных сигналов будет происходить на одной частоте без перестройки схем в *усилителе промежуточной частоты* (УПЧ), который производит основное усиление в приемнике и улучшает селекцию по частоте полезного сигнала. Такой приемник называется *супергетеродинным*.

*Детектор* (от латинского *detectio* — обнаруживать, выделять) или *демодулятор* осуществляет процесс, обратный модуляции — выделяет из принятого, усиленного и преобразованного высокочастотного модулированного колебания передаваемый сигнал. Основное требование к детектору — точное воспроизведение формы передаваемого сигнала, чтобы он поступал к получателю неискаженным.

*Оконечное устройство* приемника преобразует низкочастотный электрический сигнал детектора в форму информации, удобную для получателя. В настоящее время источник первичных сообщений и окончное устройство в структурную схему системы радиосвязи не включают.

### 2.3 Цифровые (дискретные) системы связи [1, 2 ]

В цифровых (дискретных, импульсных) системах передачи энергия сигнала излучается не непрерывно (как при гармоническом переносчике), а в виде коротких радиоимпульсов. Это позволяет при той же общей энергии излучения, что и при непрерывном переносчике, увеличить пиковую (максимальную) мощность в соответствующем импульсе и тем самым повысить помехоустойчивость

приема. В качестве переносчика первичного сигнала  $e(t)$  в импульсных системах связи используют периодическую последовательность видео- и радиоимпульсов.

Рассмотрим обобщенную структурную схему современного радиоканала цифровой (дискретной) системы связи, на которой для наглядности и понимания изображены упрощенные эпюры сигналов в ряде ее специфических точек (рисунок 3).

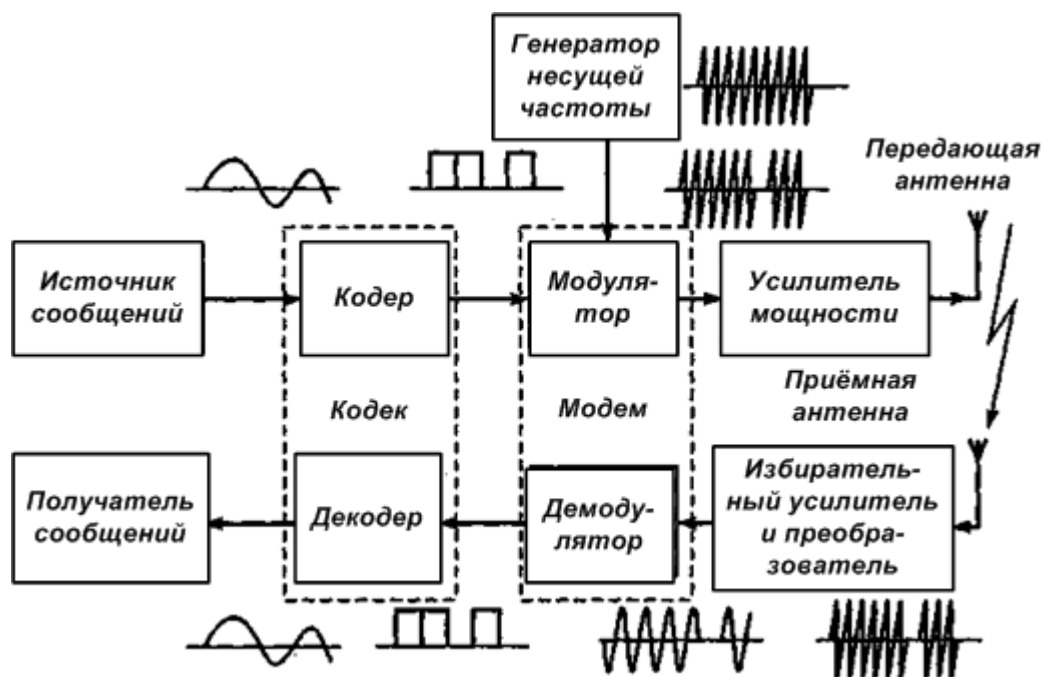


Рисунок 3 - Структурная схема радиоканала цифровой системы связи

Непрерывные сообщения можно передавать по дискретным (цифровым) системам связи. Для этого их преобразуют в цифровую форму с помощью операций дискретизации по времени, квантования по уровню и кодирования (смотри описание к лабораторной работе «Исследование аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования сигналов»). Под кодированием понимают отображение сообщения в сигнал для передачи его по каналу. В узком смысле под кодированием понимают операцию преобразования сообщений дискретного источника для передачи их по дискретному каналу. При этом дискретные сообщения преобразуются в последовательность кодовых символов. Далее под словом кодирование будет подразумеваться кодирование в узком смысле. Система кодирования — совокупность правил кодового обозначения объектов.

В передающем устройстве цифровой системы радиосвязи кодирование передаваемого сигнала выполняется цифровой микросхемой, называемой *кодером*. На выходе кодера передаваемый первичный сигнал имеет вид цифрового кода — некую последовательность импульсов («единиц») и пауз («нулей»), обычно имеющих одинаковую длительность.

В модуляторе передатчика несущее колебание модулируется полученной в кодере импульсной последовательностью. Чаще всего в цифровых си-

стемах связи используется так называемая *импульсно-кодовая модуляция* (ИКМ). В случае применения ИКМ дискретные значения непрерывного сигнала передаются в виде кодовых комбинаций. При использовании двоичного представления, кодовая комбинация может выражать целое число, равное соответствующему уровню непрерывного сигнала в момент его дискретного отсчета.

Итак, в цифровой системе передачи информации превращение сообщения в радиосигнал осуществляется тремя операциями: преобразованием, кодированием и модуляцией (в аналоговой системе двумя — преобразованием и модуляцией). Отметим, что кодирование определяет математическую сторону, а модуляция — физическую сторону превращения сообщения в сигнал. Кодирование представляет собой преобразование сообщения в последовательность кодовых символов, а модуляция — преобразование этих символов в сигналы, пригодные для передачи по цифровому каналу. С помощью кодирования и модуляции источник сообщений согласуется с каналом связи.

В приемнике после усиления на радиочастоте, из сигнала промежуточной частоты (принятого вторичного сигнала) с помощью демодулятора извлекается последовательность кодовых символов (первичный сигнал). Затем производится декодирование этих символов в *декодере*. *Декодирование* состоит в восстановлении сообщения по принимаемым кодовым, символам. С выхода декодера восстановленный аналоговый сигнал поступает к *получателю сообщений*.

В современных цифровых системах передачи информации используются две группы относительно самостоятельных, совмещенных в отдельные микросхемы, аналого-цифровых устройств — кодеки и модемы. *Кодеком* называется пара преобразователей *кодер-декодер* (как правило, это логические устройства), а *модемом* — пара преобразователей *модулятор-демодулятор*.

## 2.4 Сигналы с импульсной и импульсно-кодовой модуляцией

При *импульсной модуляции* (рисунок 4) в качестве несущего колебания (точнее, поднесущего) используют различные периодические импульсные последовательности, в один из параметров которых вводится информация о передаваемом сообщении. Для дискретных сигналов процесс модуляции принято называть *манипуляцией* параметров импульсов.



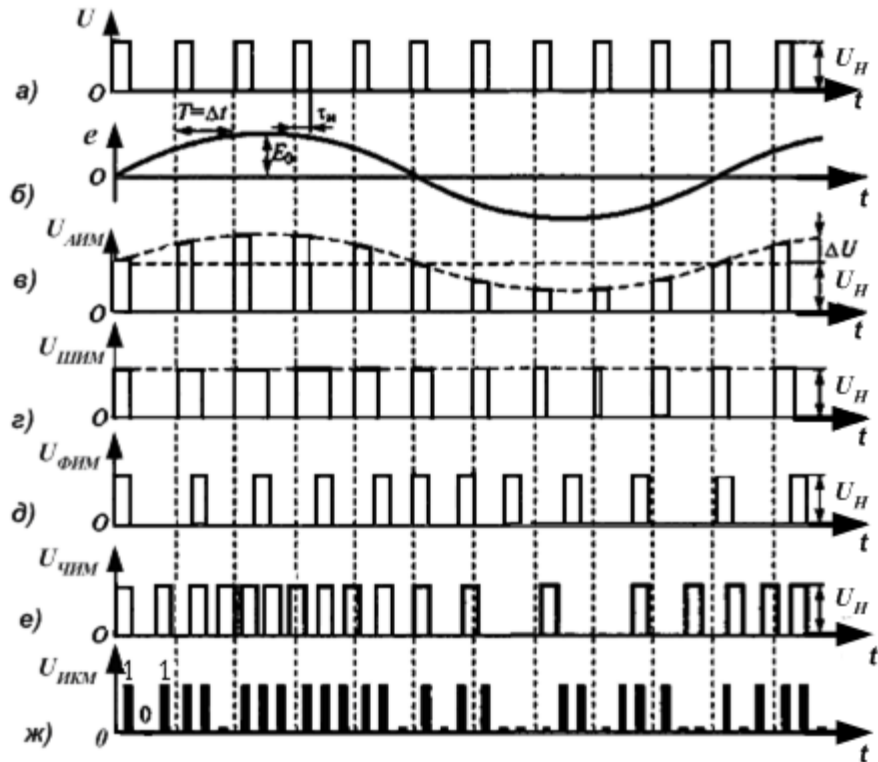


Рисунок 4 - Импульсная модуляция: *а* — периодическая последовательность исходных импульсов; *б* — модулирующий сигнал; *в* — АИМ; *г* — ШИМ; *д* — ФИМ; *е* — ЧИМ; *ж* — ИКМ

Теоретической основой построения всех методов импульсной модуляции является *теорема Котельникова*, в соответствии с которой непрерывный первичный сигнал  $e(t)$  с ограниченной шириной спектра  $F_B$  может быть передан своими отсчетами (последовательностью коротких импульсов), следующих с интервалом  $T = \Delta t = 1 / (2F_B)$  (в радиотехнике при представлении импульсных, дискретных и цифровых сигналов часто употребляется обозначение периода  $T$  через  $\Delta t$ ). Достаточно большие временные интервалы между импульсами используют для передачи рабочих импульсов от других источников, то есть для осуществления многоканальной передачи с временным разделением каналов. Положим, что поднесущим колебанием в системе передачи информации с импульсной модуляцией является периодическая последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой  $U_H$  длительностью  $\tau_u$  и периодом повторения  $T$  (рисунок 4, *а*). Для наглядности и упрощения математических выкладок выберем в качестве модулирующего сигнала гармоническое колебание  $e(t) = E_0 \cos \Omega t$ , у которого начальная фаза  $\theta_0 = 90^\circ$  (рисунок 4, *б*).

Импульсную модуляцию в зависимости от выбора изменяемого параметра модулируемой импульсной последовательности принято делить на следующие виды:

- *амплитудно-импульсную* (АИМ), когда по закону передаваемого сообщения изменяется амплитуда импульсов исходной последовательности (рисунок 4, *в*);

- *широотно-импульсную (ШИМ)*, при изменении по закону передаваемого сообщения длительности (ширины) импульсов исходной последовательности (рисунок 4, *з*);
- *фазоимпульсную (ФИМ)*, или *временнo-импульсную (ВИМ)*, если по закону передаваемого сообщения изменяется временное положение импульсов (рисунок 4, *д*);
- *частотно-импульсную модуляцию (ЧИМ)*, при изменении по закону передаваемого сообщения частоты следования импульсов поднесущей (рисунок 4, *е*);
- *импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)* — вид дискретной (цифровой) модуляции {цифровой манипуляции}, при которой передаваемый аналоговый первичный сигнал превращается в цифровой код — последовательность импульсов (1 — «единиц») и пауз (0 — «нулей»), имеющих одинаковую длительность, применяется наиболее широко в современной радиоэлектронике и системах связи. Этот вид импульсной модуляции представлен на рисунке 4, *ж*.

### 3 Описание установки для проведения лабораторной работы и характеристика исследуемых в процессе работы цепей и сигналов [3]

В работе используется универсальный стенд со сменным блоком "МОДУЛЯТОР - ДЕМОДУЛЯТОР". Модель системы связи представляет собой набор функциональных узлов стенда и сменного блока, соединённых внешними переключателями: КОДЕР-1, МОДУЛЯТОР, КАНАЛ СВЯЗИ, ДЕМОДУЛЯТОР, ДЕКОДЕР-1.

В КОДЕРЕ-1 осуществляется ручной набор любой пятисимвольной комбинации, которая появляется на светодиодном индикаторе под надписью ПЕРЕДАНО.

МОДУЛЯТОР осуществляет один из основных видов манипуляции (АМ, ЧМ, ФМ и ОФМ). При установке вида модуляции «0» выход модулятора соединён с его входом.

КАНАЛ СВЯЗИ представляет собой сумматор сигнала с выхода модулятора и шума, поступающего от гнезда ГШ в блоке ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ.

ДЕМОДУЛЯТОР преобразует манипулированный сигнал в низкочастотный цифровой сигнал; решение о том, какой символ передавался в данном тактовом интервале, принимается в компараторе решающего устройства (РУ) и запоминается в ячейке памяти до следующего решения.

Тумблер  $\varphi$  в сменном блоке позволяет устанавливать фазы опорных колебаний или на «0» (относительно фазы принимаемого сигнала), или на  $\pi$ . Для нормальной работы демодулятора  $\varphi=0$ .

Потенциометр ручной установки порога (только для АМ) во всех случаях, кроме оговоренных особо, должен быть в крайнем левом положении. При этом светодиод не горит и пороги устанавливаются автоматически.

После ДЕМОДУЛЯТОРА принятая двоичная последовательность поступает на вход ДЕКОДЕРА-1 и индицируется на табло с надписью ПРИНЯТО. При приёме цифровых сигналов, набранных в КОДЕРЕ-1, ДЕКОДЕР-1 не требуется.

Для передачи аналоговых сигналов через цифровую систему связи, КОДЕР-1 заменяется блоком АЦП, расположенным ниже, а блок ДЕКОДЕР-1 заменяется цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП). Блоки АЦП и ЦАП стенда могут работать с различной разрядностью (3, 4, 5 и 8 разрядов). Восьмиразрядное преобразование происходит при отжатых кнопках переключателя разрядности. Блок АЦП имеет 2 входа – «открытый» ( $\sim$ ) и «закрытый» ( $\sim$ ) и два выхода – основной (правые гнезда) и выход дискретизированного по времени входного сигнала (нижнее гнездо). Ниже блока АЦП расположен тумблер, позволяющий изменять частоту дискретизации  $f_{Д1} \cong 125\text{Гц}$  и  $f_{Д2} \cong 2000\text{Гц}$ .

Блок ЦАП расположен в правой части стенда. При непосредственном соединении АЦП и ЦАП тумблер  $\tau$  должен быть установлен в положение «0», а при использовании модулятора и демодулятора – в положение « $\tau$ », так как демодулятор создаёт задержку на один тактовый интервал ( $T$ ). Блок ЦАП имеет 2 выхода: на выходе 1 формируется ступенчатый сигнал, на выходе 2 – сигнал после ФНЧ.

#### 4 Задание на лабораторную работу

4.1 Наблюдайте сигналы в разных точках системы связи при фиксированных видах модуляции.

4.2 Познакомьтесь с различными видами модуляции.

4.3 Наблюдайте прохождение сигналов через систему связи при действии помех в канале.

#### 5 Методические указания по выполнению работы

5.1 Передача дискретных сигналов через канал без помех.

5.1.1 Соединить блоки: КОДЕР-1, МОДУЛЯТОР, КАНАЛ СВЯЗИ, ДЕМОДУЛЯТОР.

5.1.2 Установить вид модуляции АМ.

5.1.3 Набрать тумблерами КОДЕРА-1 произвольную кодовую комбинацию. Зарисовать осциллограммы сигналов:

- на выходе КОДЕРА -1;

- на выходе МОДУЛЯТОРА;
- на выходе ДЕМОДУЛЯТОРА;

5.1.4 Переключая ВИД МОДУЛЯЦИИ, зарисовать сигналы на выходе модулятора. Обратит внимание на то, как преобразуется "0" и "1" при разных видах модуляции.

## 5.2 Передача дискретных сигналов по каналу с помехами.

5.2.1 Подать на нижний вход КАНАЛА  $n(t)$  сигнал с выхода генератора шума ГШ (в блоке ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ).

5.2.2 Установить вид модуляции – ФМ.

5.2.3 Плавно увеличивая шумовой сигнал, добиться появления редких "сбоев" на осциллограмме выходного сигнала (на выходе ДЕМОДУЛЯТОРА). Это же явление можно наблюдать на индикаторе ошибок в сменном блоке или на табло ПРИНЯТО.

5.2.4 Переключив вид модуляции на АМ, наблюдать увеличение частоты "сбоев". Не меняя напряжение шума, провести это же наблюдение на других видах модуляции. В отчёте отметить самый лучший и самый худший вид модуляции с точки зрения помехоустойчивости.

5.2.5 Не меняя уровень шума, зафиксируйте осциллограммы на выходе МОДУЛЯТОРА и входе ДЕМОДУЛЯТОРА при АМ.

## 5.3 Передача аналоговых сигналов через канал без помех.

5.3.1 Заменить КОДЕР-1 блоком АЦП, на вход которого подать сигнал  $s_4$  из блока ИСТОЧНИКИ. Выход ДЕМОДУЛЯТОРА соединить с блоком ЦАП, переключатель разрядности - в положение 3. Вид модуляции – ФМ. Регулятор шума ГШ – в крайнем левом положении (шум в канале отсутствует). Тумблер частоты дискретизации – в положение  $f_{д1}$ , а тумблер «0vτ» (около блока ЦАП) – в положение «τ».

5.3.2 Зарисовать осциллограммы сигналов в различных точках системы связи: вход АЦП, его выход, затем выходы 1 и 2 блока ЦАП.

5.3.3 Переключая разрядность, наблюдать изменение точности передачи сигнала при частоте дискретизации АЦП  $f_{д1}$ .

## 5.4 Передача аналоговых сигналов через канал с помехами.

5.4.1 Подключить входы осциллографа ко входу АЦП и второму выходу ЦАП. Вид модуляции – ФМ.

5.4.2 Плавно увеличивая уровень шума, добиться появления редких "сбоев" в выходной осциллограмме.

5.4.3 Не меняя уровень шума, по минимуму ошибок в выходной осциллограмме определите вид модуляции, обеспечивающий наилучшую и наихудшую помехоустойчивость системы связи. Свои наблюдения отразите в отчёте.

## 6 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Функциональные схемы систем связи.
2. Осциллограммы по п.1.3, 1.4, 1.5, 3.3.
3. Выводы по пунктам 2.4, 2.5, 3.3, 4.3.

7 Перечень заданий и контрольных вопросов, которые могут быть предложены во время защиты отчёта по работе

1. Перечислите разновидности систем связи по виду передаваемых сообщений.
2. Чем отличаются симплексные и дуплексные системы связи?
3. Как осуществляется временное уплотнение сигналов?
4. Как осуществляется частотное уплотнение сигналов?
5. Опишите принцип работы и назначение преобразователя в супергетеродинном приёмнике.
6. Почему в цифровых (дискретных, импульсных) системах передачи при той же общей энергии излучения, что и в аналоговых системах выше помехоустойчивость приема?
7. Каково назначение кодера, декодера, кодека?
8. Перечислите блоки цифровой системы связи для передачи
  - дискретных сигналов;
  - аналоговых сигналов.
9. Каково назначение модулятора и демодулятора в цифровой системе связи?
10. Какова причина ошибок в работе системы связи?
11. Какие блоки "ответственны" за возникновение ошибок в системе связи?
12. Какие возможности борьбы с помехами Вам известны?
13. В чем состоит идея преобразования аналогового сигнала в цифровой и наоборот?

## 8 Список литературы

1. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: - М.: Высшая школа, 2002.

2. Скляр Бернад. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд.2-е, испр.: Пер.с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

3. Борисенко А. В. Теория электрической связи. Методические указания к лабораторным работам. Части 1 и 2. СПб, 2004.