

# ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Преподаватель:

*Строгова Александра Сергеевна*

# Литература

Методическое пособие по выполнению контрольных работ:

Основы радиоэлектроники: метод. пособие для студ. Всех спец. БГУИР заоч. Формы обуч. / В.П.Путилин. – Минск: БГУИР, 2013. – 54с.

# ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

## Радиоэлектроника как наука о передаче, преобразовании и приеме информации

*Развитие радиоэлектроники* и внедрение ее практически во все области современной жизни можно объяснить тем, что радиоэлектроника объединяет области знаний и практического применения, относящиеся к наиболее востребованным в настоящее время направлениям науки и техники - радиотехнике и электронике. Каждый из этих терминов может быть определен более однозначно.

Под *радиотехникой* будем понимать область науки и техники, связанную с разработкой систем и устройств, обеспечивающих передачу информации и ее извлечение из электромагнитных колебаний, то есть методы и средства передачи и приема сигналов без проводов.

Под *электроникой* – область науки и техники, связанных с разработкой и производством электронных компонентов (электронных ламп, диодов, транзисторов, полупроводниковых микросхем и т.д.), то есть совокупность технических решений, связанных с обработкой информации и автоматическим управлением.

Основные понятия в порядке решения основных задач радиоэлектроники:

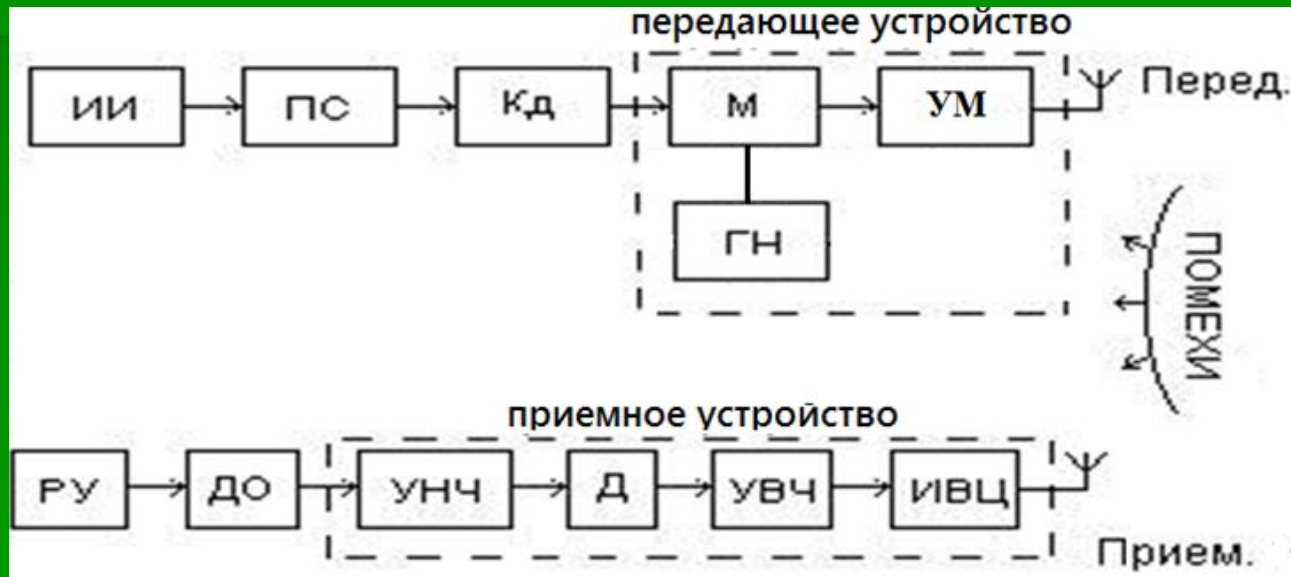
*Информация* - совокупность сведений об объектах, рассматриваемая с позиций передачи этих сведений в пространстве и во времени.

*Сообщение* - это информация, выраженная в определенной форме и предназначенная для передачи от источника к пользователю (тексты, фото, речь, музыка, телевизионное изображение и др.).

*Сигнал* - это физический процесс, распространяющийся в пространстве и времени, параметры которого способны отображать (содержать) сообщение. Теория сигналов и передачи информации изучает процессы формирования, накопления, сбора, измерения, переработки и преобразования (прохождения через цепи), хранения, передачи и приема информации.

## Общая схема передачи информации

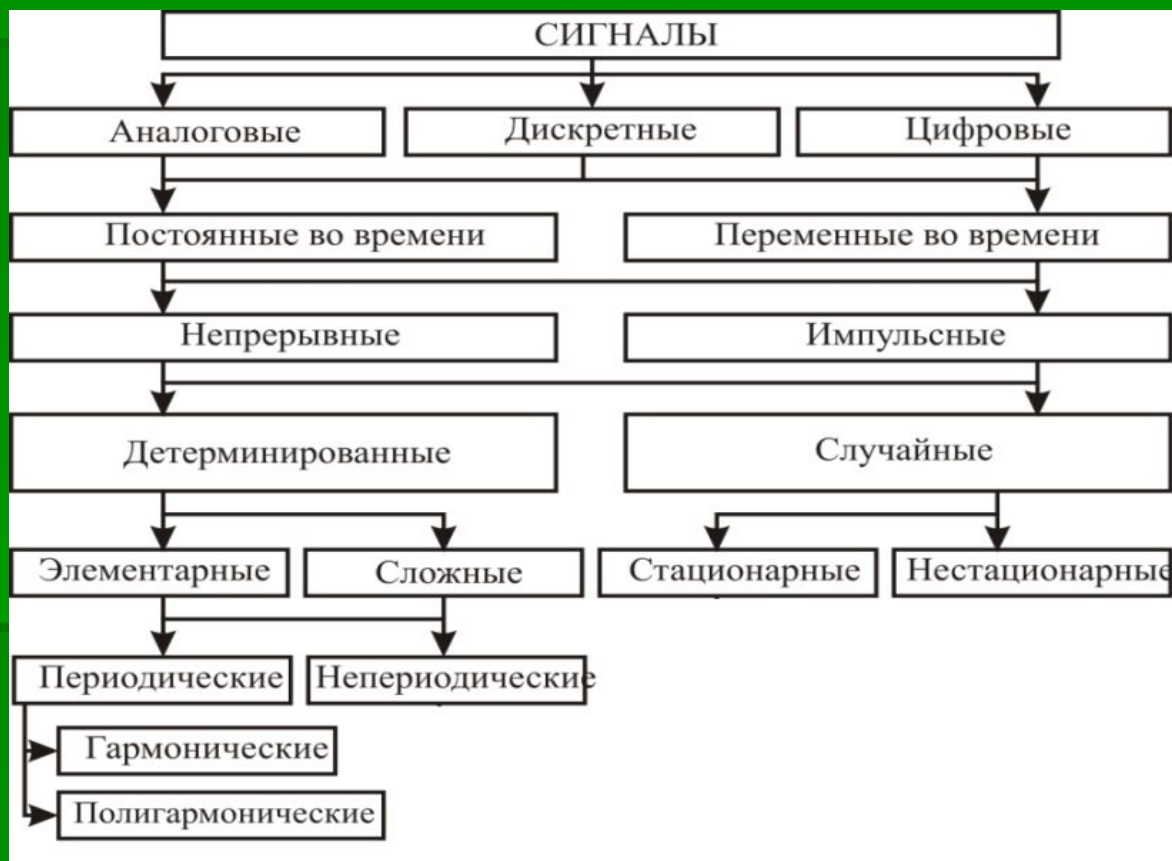
*Канал передачи информации* - комплекс устройств, используемых для передачи информации от источника до получателя, а также разделяющая их среда.



ИИ - источник информации (сообщение); ПС - преобразование в электрический сигнал; Кд - кодирование; М - модулятор; ГН - генератор (несущей); ДО - декодирование, обработка, выделение из помех; УНЧ - усилитель низкой частоты; Д - детектор (демодулятор) УВЧ - усилитель высокой частоты; ИВЦ - избирательная входная цепь; РУ - регистрирующее устройство.

# СИГНАЛЫ И СПЕКТРЫ

## Классификация радиотехнических сигналов



Основные формы представления сигналов в общем виде показаны на рисунке

# МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

**Модуляция** - процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного гармонического колебания по закону низкочастотного информационного сигнала (сообщения). Модулированные колебания используются для передачи сообщений на расстояние. Модуляция осуществляется в устройствах *модуляторах*.

*Несущая частота*  $S(t)$  модулированного колебания — частота исходного высокочастотного гармонического колебания

*Несущее колебание* имеет вид

$$S(t) = U_{m,0} \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

где  $U_{m,0}$  - амплитуда,  $\omega_0$  - частота,  $\varphi_0$  - начальная фаза.

Основные виды модуляции в радиоэлектронике:

- Аналоговая модуляция. Различают **амплитудную (АМ)**, частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляцию. При **амплитудной модуляции** по закону низкочастотного сигнала меняется мгновенная амплитуда несущего колебания, при **частотной модуляции** – частота несущего сигнала, при **фазовой модуляции** – фаза несущего сигнала;

- Смешанные виды модуляции. **Амплитудно- фазовая**, частотно-фазовая;

- Импульсные виды модуляции (АИМ, ЧИМ, ШИМ, ФИМ);

- Манипуляции ( амплитудная, частотная, фазовая);

В двух последних случаях происходит дискретное изменение параметра высокочастотного колебания.

- Цифровые методы модуляции (**дискретизация, квантование, кодирование, теорема Котельникова** - которая позволяет определить процессы дискретизации и восстановления сигнала при его преобразовании в цифровую форму, передаче и последующем приеме).

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ

## Классификация радиоэлектронных цепей

**Радиотехнической цепью** называется совокупность соединенных между собой источников (генераторов) и приемников электрической энергии. **Источником электрической энергии** называют устройство, создающее (генерирующее) токи и напряжения. **Приемником электрической энергии** называют устройство, потребляющее (запасающее) или преобразующее электрическую энергию в другие виды энергии.

В радиоэлектронике электрические цепи представляют собой совокупность соединенных схемных элементов, таких как резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, диоды, транзисторы, операционные усилители, источники тока, источники напряжения и другие.

Соединяются схемные элементы с помощью проводов или печатных шин. Электрические цепи, составленные из идеализированных элементов, классифицируются по ряду признаков:

**- по энергетическим особенностям:**

- активные (содержащие источники питания);
- пассивные цепи (не содержат источников тока и (или) напряжения);

**- по типу элементов:**

- линейные цепи, если они состоят из линейных идеализированных элементов;
- нелинейные цепи, если в состав цепи входит хотя бы один нелинейный элемент;

**- по топологии:**

- планарные (плоские);
- непланарные;
- разветвленные;
- неразветвленные;
- простые (одно-, двухконтурные);
- сложные (многоконтурные, многоузловые);

**- по числу внешних выводов:**

- двухполюсники;
- четырехполюсники;
- многополюсники.

**- от частоты измерительного поля (от рабочей частоты):**

- цепи с сосредоточенными параметрами (в цепях с сосредоточенными параметрами сопротивлением обладает только резистор, емкостью только конденсатор, индуктивностью только катушка индуктивности);
- цепи с распределенными параметрами (в цепях с распределенными параметрами даже соединительные провода обладают емкостью, проводимостью и индуктивностью, которые распределены вдоль их длины; такой подход к цепям в области сверхвысоких частот, где размеры элементов схем соизмеримы с длиной волны.);



## АНАЛОГОВЫЕ УСТРОЙСТВА

**Аналоговыми сигналами** называют непрерывно изменяющиеся во времени электрические сигналы (ток, напряжение), значения которых в каждый момент времени однозначны.

Устройства, формирующие и преобразующие аналоговые сигналы называют аналоговыми устройствами. Одной из основных функций аналоговых устройств является усиление электрических сигналов.

**Усилителем электрических сигналов** называется устройство, предназначенное для усиления мощности входного сигнала, усиление осуществляется активными элементами (биполярными, полевыми транзисторами) за счет потребления энергии от источника питания под действием входного сигнала и такие усилители называют электронными.

Входной сигнал прикладывается к управляющему входному электроду активного элемента и управляет передачей энергии от источника питания в нагрузку. За счёт изменения сопротивления активного элемента принцип действия усилителя на одном транзисторе удобно объяснить с помощью схемы (рисунок).

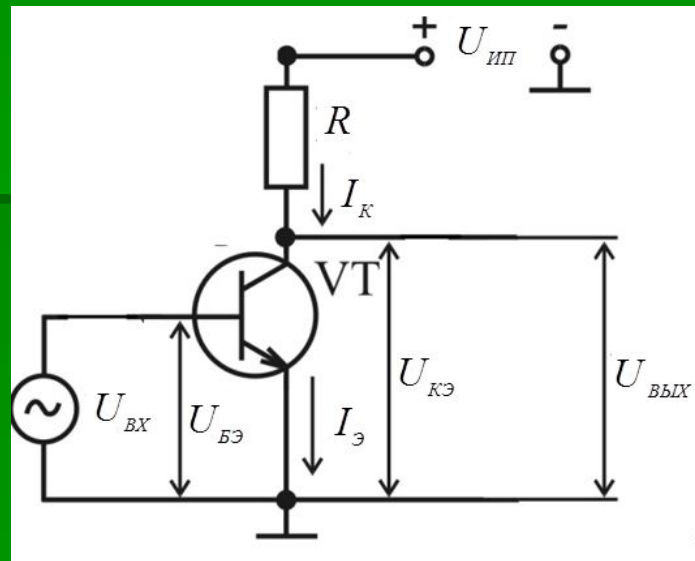


Рисунок – схема усилителя сигналов

Усилители классифицируются по следующим признакам:

**По характеру усиливаемых сигналов** усилители бывают – гармонических колебаний и импульсных сигналов.

**По диапазону частот** – усилители постоянного и усилители переменного тока.

**В зависимости от полосы пропускания** усилители переменного тока бывают: \_\_\_\_\_

- усилители низкой частоты (УНЧ),
- усилители высокой частоты (УВЧ).

**По типу используемых активных элементов** усилители бывают на биполярных и полевых транзисторах, на интегральных микросхемах и др.

**По конструктивным признакам** усилители бывают: на дискретных элементах, на интегральных микросхемах, комбинированные.

**По способу соединения (связи) отдельных каскадов** усиления усилители бывают:

- усилители с гальванической связью,
- усилители с резистивно-емкостной связью; \_\_\_\_\_
- усилители с трансформаторной и оптронной связью.

**По способу включения активного усилительного элемента** различают три основных типа усилительных каскадов:

- с общим эмиттером (общим истоком);
- с общим коллектором (общим стоком);
- с общей базой (общим затвором).

# ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ И ГЕНЕРАТОРАХ

## Виды обратных связей

В общем случае обратной связью (ОС) в усилителях и генераторах называют передачу выходного сигнала АЭ в его входную цепь.

**Цепь передачи сигнала ОС** называется *цепью обратной связи*.

ОС может охватывать как одиночные каскады ( *местная обратная связь* ) так и несколько каскадов усиления ( *общая обратная связь* ).

Упрощенная структурная схема усилителя с обратной связью показана на рисунке, на котором изображены четырехполюсники усилителя и цепи обратной связи.

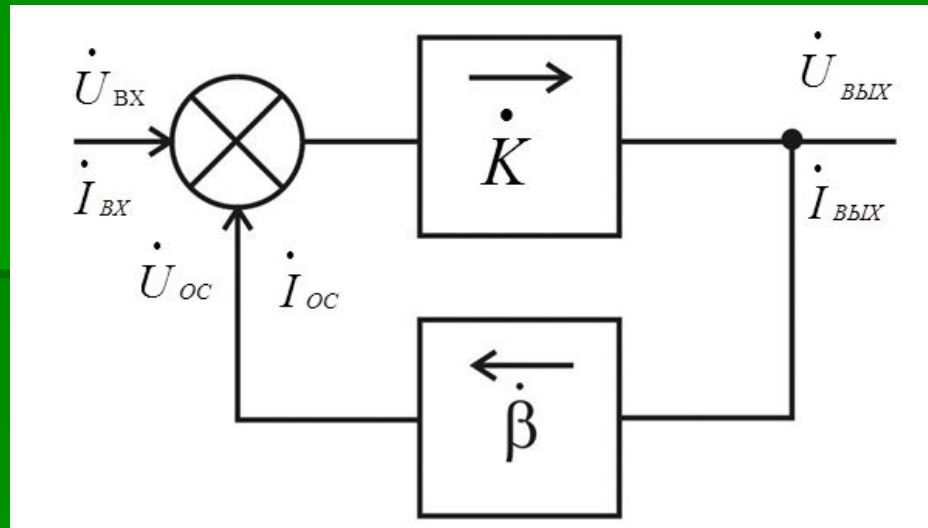


Рисунок. Структурная схема усилителя с обратной связью

## Классификация ОС

**По величине фазового сдвига в кольце ОС** Обратная связь может быть положительная (ПОС) или отрицательная (ООС).

**По способу получения сигнала** обратные связи бывают:

- обратная связь по напряжению (рис 1.1 ,а), когда сигнал, поступающий на вход цепи обратной связи пропорционален выходному напряжению;
- ОС по току (рис. 1.2. ,б), когда сигнал обратной связи пропорционален току выходной цепи;

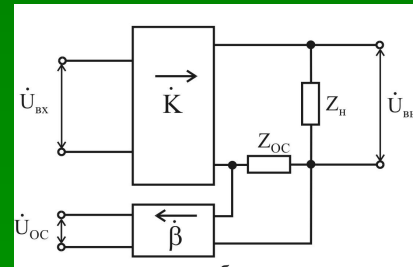
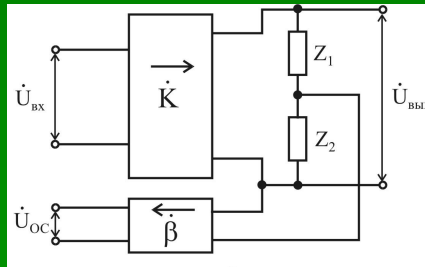


Рисунок 1 - Структурная схема усилителя с цепью обратной связи а) по напряжению, б) по току.

**По способу введения напряжения ОС на вход усилителя** обратные связи бывают:

- последовательными (рис.2.1 ,а)– напряжение ОС поступает во входную цепь последовательно с напряжением источника входного сигнала;
- параллельными (рис. 2.2, б) – напряжение ОС поступает во входную цепь параллельно с напряжением источника входного сигнала;

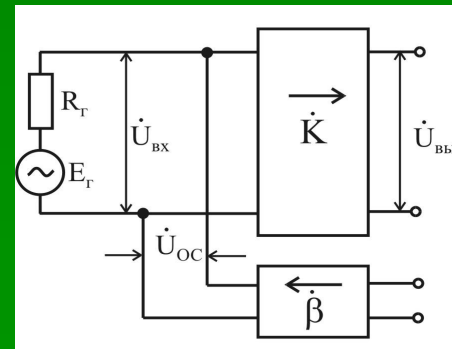
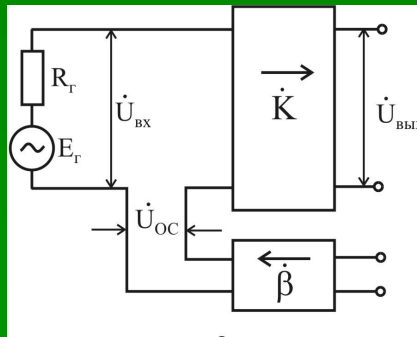


Рисунок 2 - Структурная схема усилителя с цепью обратной связи а) последовательной по входу , б) параллельной по входу

# УСИЛИТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## Характеристики усилителей постоянного тока

Усилители постоянного тока (УПТ) в настоящее время чаще всего рассматриваются как широкополосные усилители с полосой частот, начинающейся от  $f_n = 0$ . Верхняя граница рабочей полосы частот у современных интегральных усилителей может достигать величины в несколько гигагерц.

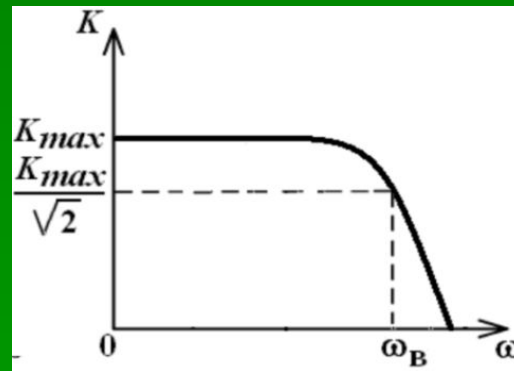


Рисунок - Амплитудно-частотная характеристика УПТ

При построении УПТ необходимо учесть, что связь источника сигнала со входом усилителя и межкаскадные связи не могут быть осуществлены в УПТ с помощью реактивных элементов – конденсаторов и трансформаторов, а только с использованием гальванической связи.

Гальванической называют связь, осуществляемую с помощью элементов, обладающих проводимостью как на переменном, так и на постоянном токе. Элементами гальванической связи могут быть резисторы, диоды, проводники. Если используются проводники, то гальваническую связь называют непосредственной.

# УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

## Режимы работы усилителей мощности

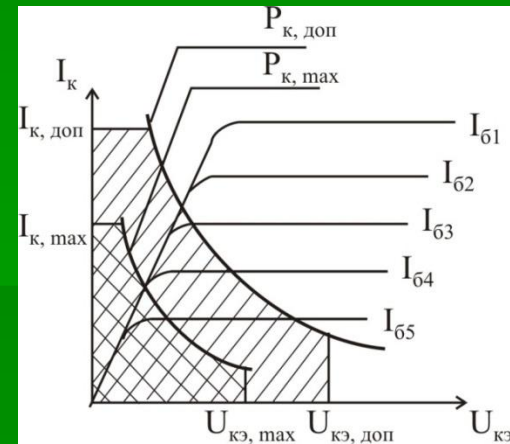
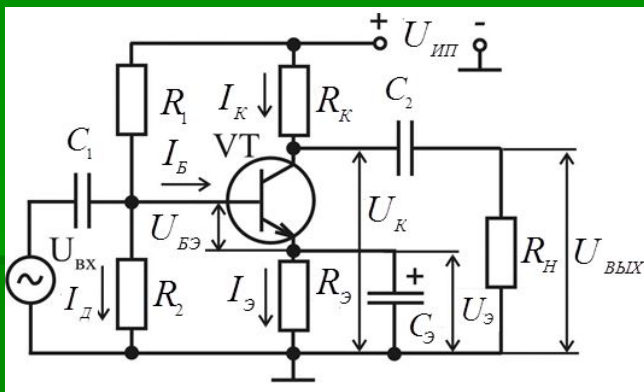
Усилители мощности предназначены для обеспечения на выходе усилителя (на нагрузке) необходимой мощности или напряжения сигнала при допустимом уровне частотных и нелинейных искажений.

**Предоконечные каскады** создают на входе окончного каскада сигнал с требуемой мощностью или напряжением, обеспечивающий его нормальное функционирование. Активные элементы в окончных каскадах работают в режиме А, В или АВ. Существуют также усилители классов С и D.

**Оконечные каскады** выполняются по однотактной или двухтактной схеме с трансформаторным или бестрансформаторным выходом в зависимости от требований, предъявляемых к усилителю. В однотактных усилителях мощности транзистор работает в режиме класса А, положение рабочей точки выбирается на линейных участках входных и выходных статических ВАХ.

Анализ основных соотношений для усилителя мощности, можно провести с использованием выходных характеристик транзистора, который в общем случае характеризуется предельно допустимыми значениями мощности, напряжения и тока в выходной цепи, то есть

$$P_{к, доп}, I_{к, доп}, U_{кэ, доп}$$



На рисунках показана схема простейшего однотактного усилителя мощности и выходные характеристики транзистора с ОЭ, у которого линия допустимой мощности

$$I_{к} = \frac{P_{к, доп}}{U_{кэ}}, \text{ ограничена допустимыми значениями тока и напряжения.}$$

# ГЕНЕРАТОРЫ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

*Генератором гармонических колебаний* называют устройство, создающее переменное синусоидальное напряжение при отсутствии входных сигналов. В схемах генераторов всегда используется положительная обратная связь.

Колебания называются *свободными* (или *собственными*), если они совершаются за счет первоначально переданной генератору энергии при последующем отсутствии внешних воздействий на колебательную систему (систему, совершающую колебания).

Если колебания возникают в какой-то системе самостоятельно при отсутствии внешних воздействий, то они называются автоколебаниями. К таким устройствам относятся различного рода генераторы колебаний (электрических, механических, звуковых, световых и т.д.), их обычно называют *автогенераторами* (или просто генераторами).

Простейшим типом колебаний являются гармонические колебания - колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса (косинуса).

Генераторы являются составной частью многих измерительных приборов и важнейшими блоками автоматических систем.

## ***Автоколебания имеют свои особенности:***

- 1) они возникают не за счёт воздействия внешнего сигнала, а благодаря особым свойствам системы.
- 2) форма возникающих колебаний, их амплитуда и частота также определяются свойствами самой системы.
- 3) возникшие автоколебания обладают определенной энергией.

В задачу исследования любых автоколебательных систем входят:

- 1) анализ условий самовозбуждения;
- 2) определение стационарных режимов (формы, амплитуды и частоты генерируемых колебаний) и анализ их устойчивости;
- 3) исследование переходных процессов установления колебаний.

# Классификация генераторов

*Электрическими* являются генераторы, непосредственно преобразующие энергию источника постоянного тока в энергию колебаний.

*Электромеханическими* являются генераторы, в которых частота генерируемых колебаний задается частотой механических колебаний некоторых материалов (кварцевой пластины).

В генераторах с *внутренним возбуждением* или с *самовозбуждением* колебания формируются за счет внутреннего источника питания.

В генераторах с *внешним возбуждением* формирование колебаний осуществляется из поступающего на его вход другого колебания (умножение и деление частоты).

*Релаксационные генераторы* или *мультивибраторы* формируют колебания не гармонической формы (последовательности прямоугольных, треугольных, пилообразных, колокообразных и т. д. импульсов).

*Гармонические* или *квазигармонические* генераторы формируют колебания гармонической формы.

В *RC-генераторах* в качестве избирательной цепи используются RC-фильтры.

В *LC-генераторах* в качестве избирательной цепи используется параллельный колебательный контур.

В *двухточечных LC-генераторах* колебательный контур подключается к усилительному элементу двумя точками, а в *трехточечных LC-автогенераторах* тремя точками

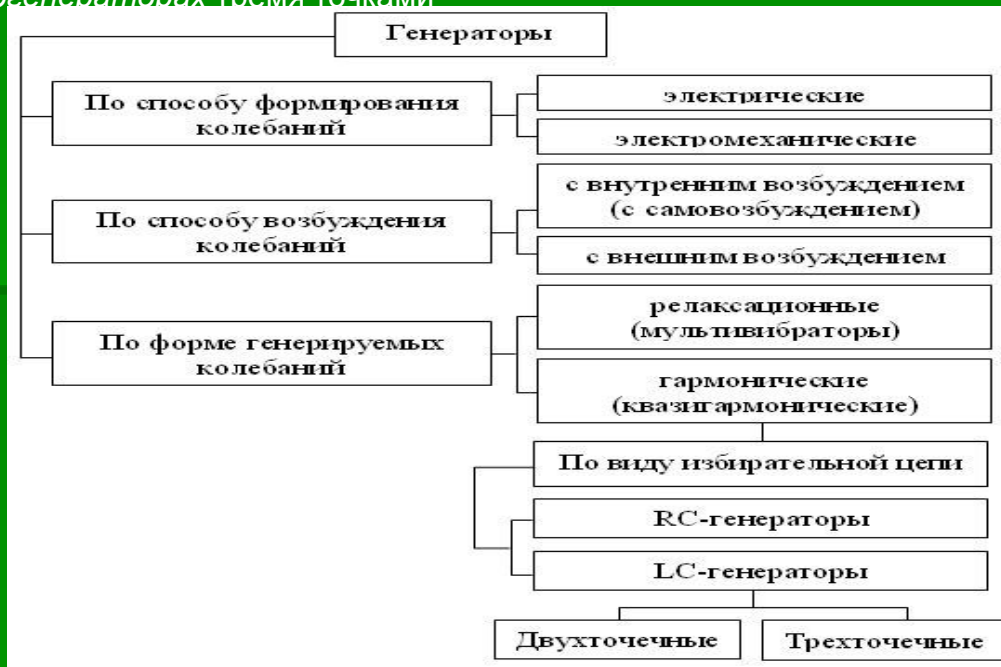


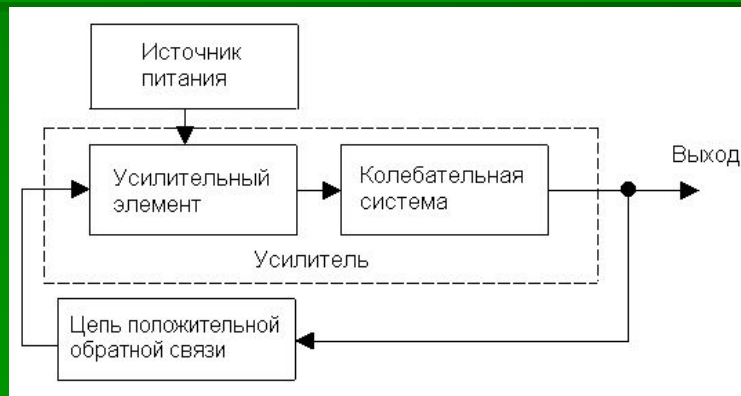
Рисунок - Классификация генераторов



## Процесс возбуждения колебаний в автогенераторе

Для генерации сигналов необходимы

- Источник питания, откуда берется энергия для образующихся колебаний,
- Активный элемент- регулятор, управляющий поступлением энергии из источника питания в -колебательную систему
- колебательная система, определяющая форму колебаний..



Для генерирования гармонических колебаний колебательная система должна представлять собой узкополосный избирательный четырехполюсник.

Управляющий активный элемент вместе с колебательной системой (рис.9.2) образуют нелинейный частотно-избирательный усилитель.

Для возбуждения усилителя и поддержания колебаний на необходимом уровне используются колебания, вырабатываемые в самом усилителе: часть энергии колебаний с выхода усилителя подается на его вход по цепи внешней обратной связи (В качестве цепи обратной связи обычно используются пассивные элементы).

При включении источника питания в цепях автогенератора наблюдаются флуктуации тока (флуктуационный шум). Спектр этого шума содержит составляющие на всех частотах.

- Из этого спектра с помощью избирательной цепи выделяется составляющая на частоте генерации  $f_g$ .
- Полученное колебание на выходе ИЦ поступает по цепи обратной связи в усилительный элемент, где осуществляется усиление колебания, которое поступает опять в ИЦ и т. д.
- Амплитуда колебаний возрастает до определенного момента, после чего она стабилизируется, а также стабилизируются частота и форма колебаний.

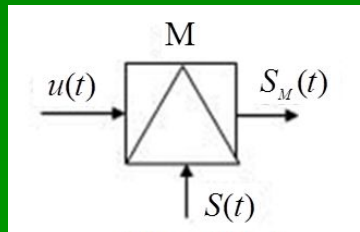
# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СПЕКТРА

## Модуляторы

Модуляция осуществляется в устройствах *модуляторах*. Условное графическое обозначение модулятора показано на рисунке. При модуляции на вход модулятора подаются сигналы:  $u(t)$  — *модулирующий*, данный сигнал является информационным и низкочастотным (его частоту обозначают  $\omega$  или  $F$ );

$S(t)$  — *модулируемый (несущий)*, данный сигнал является неинформационным и высокочастотным (его частота обозначается  $\omega_0$  или  $f_0$ );

$S_M(t)$  — *модулированный сигнал*, данный сигнал является информационным и высокочастотным.



В качестве несущего сигнала может использоваться:

- гармоническое колебание, при этом модуляция называется *аналоговой* или *непрерывной*;
- периодическая последовательность импульсов, при этом модуляция называется *импульсной*;
- постоянный ток, при этом модуляция называется *шумоподобной*.

Так как в процессе модуляции изменяются информационные параметры несущего колебания, то название вида модуляции зависит от изменяемого параметра этого колебания.

Основными характеристиками модуляторов являются модуляционная и частотная.

**Модуляционная характеристика** представляет собой зависимость отклонения информационного параметра несущей от воздействующего постоянного модулирующего напряжения  $U_M$ . При гармонической несущей это отклонение амплитуды  $U_m$  при АМ, отклонение частоты при ЧМ и отклонение фазы при ФМ (рисунок 1).



Рисунок 1 - модуляционная характеристика модулятора

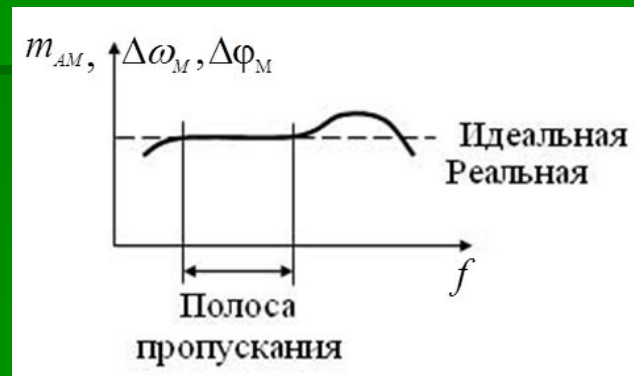


Рисунок 2 - Частотная характеристика модулятора

**Частотная характеристика** представляет собой зависимость основного параметра модулированного сигнала от частоты модулирующего гармонического сигнала  $u_M(t)$ .

Для гармонической несущей такими параметрами являются коэффициент  $m_{AM}$  при АМ, девиация частоты при ЧМ, индекс при ФМ.

Идеальная частотная характеристика имеет постоянное значение на всех частотах (рис. 2). Реальная характеристика имеет отклонения, что приводит к частотным искажениям. По частотной характеристике определяют частотные свойства модулятора (полосу пропускания модулятора). Модуляционная и частотная характеристики обычно снимаются экспериментально.

# ИМПУЛЬСНЫЕ УСТРОЙСТВА

## Общие характеристики импульсных сигналов

**Сигнал** — физический процесс, несущий информацию. По природе физического процесса делятся на **электромагнитные**, в частности электрические (телефония, радио, телевидение, мобильная связь, ЛВС, Интернет), **световые** (оптоволоконный кабель), **звуковые** (общение людей), пневматические и гидравлические (определенные отрасли автоматики) и др.

**Импульсные сигналы** — сигналы, информацию в которых несут параметры импульсов.

**Импульс** — кратковременное отклонение физического процесса от установленного значения. Кратковременное отклонение имеет не абсолютное, а относительное значение, т. е. длительность отклонения меньше или сопоставима с длительностью процесса.

**Импульсные сигналы имеют преимущества** перед непрерывными сигналами: средняя мощность импульсного сигнала значительно меньше средней мощности непрерывного сигнала при сопоставимой информационной емкости. Кроме того, в паузах между импульсами одного сигнала можно передавать импульсы другого сигнала и тем самым увеличить информационную вместимость канала. Одним из специальных видов импульсных сигналов являются также сигналы цифровой и компьютерной техники.

Импульсные сигналы бывают: 1) периодическими, 2) непериодическими.

Периодическими считаются сигналы, значения которых повторяются через определенный промежуток времени.

Существуют два вида импульсов: видеоимпульсы и радиоимпульсы.

**Видеоимпульсы** (рис. 1) — это кратковременное отклонение физического параметра, несущего информацию, от установленного значения.

**По форме** импульсы делятся на: а) прямоугольные; б) трапециидальные; в) треугольные, г) пилообразные; д) колоколообразные.

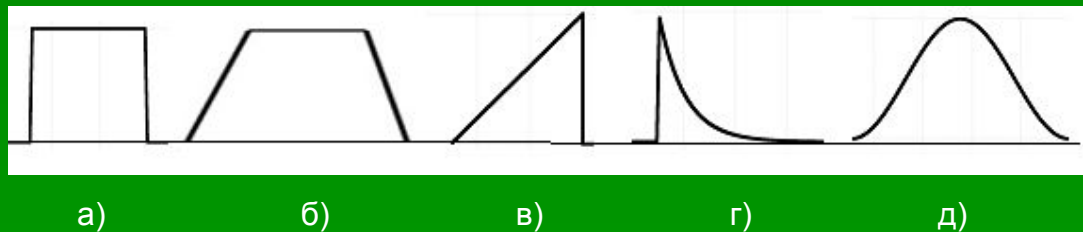


Рисунок 1- Видеоимпульсы

**Радиоимпульс** — это отрезок высокочастотного колебания определенной формы- гармонической. Радиоимпульсы (рисунок 1) широко используют для передачи информации каналами радиосвязи, в телевидении и радиолокации. На практике используют последовательности импульсов, повторяющиеся через определенный интервал времени.

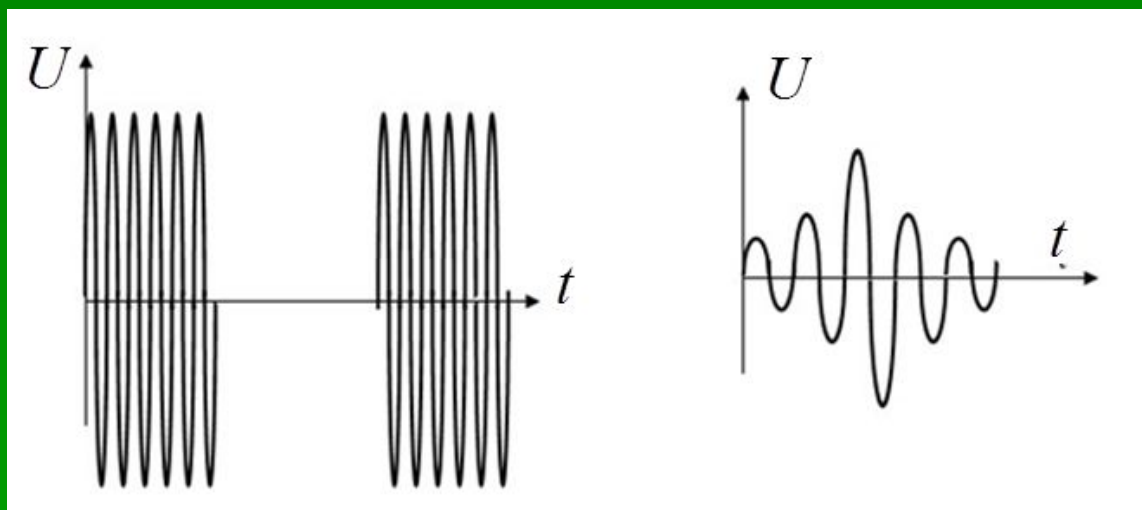


Рисунок  
1

Формы реальных импульсов (рис. 2) отличаются от идеальных, вследствие искажений и помех, действующих в каналах импульсных устройств.

## Параметры импульсов:

**Фронт** — начальная часть импульса, характеризующая нарастание амплитуды

**Спад (срез)** или задний фронт — часть импульса, на котором информативный параметр (амплитуда импульса) падает до установленного значения.

**Вершина** — плоская часть импульса, находящегося между передним и задним фронтами.

**Амплитуда  $U$**  — наибольшее отклонение информативного параметра сигнала от установленного значения.

**Длительность импульса  $\tau$**  — отрезок времени, измеренный на уровне, соответствующему половине амплитуды.

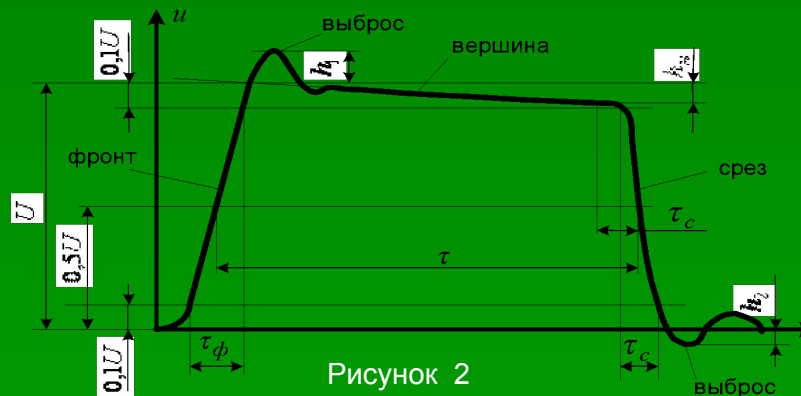


Рисунок 2

**Период повторения импульсов  $T$**  в импульсной последовательности — интервал времени между двумя соседними импульсами в импульсной последовательности.

**Длительность фронта импульса** — это время  $t_{\phi}$  нарастания импульса от 0,1 до 0,9 амплитудного значения, или время спада  $t_c$  от 0,9 до 0,1 амплитудного значения.

**Среднее квадратичное значение импульса** — значение постоянного напряжения, который за одинаковые промежутки времени при одинаковых значениях сопротивления выделяет такую же самую мощность.

**Неравномерность вершины  $h_n$**  — разница значений в начале и в конце импульса.

**Выброс на вершине  $h_1$**  — кратковременное отклонение сигнала на вершине импульса в начальной его части.

**Выброс в паузе  $h_2$**  — кратковременное отклонение сигнала после завершения действия импульса.

# ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

## Источники первичного и вторичного электропитания

Любые радиотехнические устройства и системы с точки зрения обеспечения электрической энергией могут быть представлены в виде схемы, приведенной на рисунке 1.



Рисунок 1. Структурная схема питания радиоэлектронных устройств

На этом рисунке обозначено: ПИП — первичный источник питания — преобразует неэлектрические виды энергии в электрическую; ВИП — вторичный источник питания — преобразует электрическую энергию к виду удобному для потребителя (нагрузки) и собственно нагрузка — радиоэлектронная аппаратура (РЭА).

К первичным источникам относятся:

- 1) химические источники тока (гальванические элементы, батареи и аккумуляторы);
- 2) термобатареи;
- 3) термоэлектронные преобразователи;
- 4) фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи);
- 5) топливные элементы;
- 6) биохимические источники тока;
- 7) атомные элементы;
- 8) электромашинные генераторы.

**Источники вторичного электропитания.** Они представляют собой функциональные узлы РЭА или законченные устройства, использующие энергию, получаемую от системы электроснабжения или источника первичного электропитания и предназначенные для организации вторичного электропитания радиоаппаратуры.

## Классификация источников вторичного электропитания.

### 1. По типу питающей цепи:

1.1 ИП, использующие электрическую энергию, получаемую от однофазной сети переменного тока;

1.2 ИП, использующие электрическую энергию, получаемую от трехфазной сети переменного тока;

1.3 ИП, использующие электрическую энергию автономного источника постоянного тока.

### 2. По напряжению на нагрузке:

2.1 ИП низкого (до 100 В) напряжения;

2.2 ИП среднего (от 100 до 1000 В) напряжения;

2.3 ИП высокого (свыше 1000 В) напряжения.

### 3. По мощности нагрузки:

3.1 ИП малой мощности (до 100 Вт);

3.2 ИП средней мощности (от 100 до 1000 Вт);

3.3 ИП большой мощности (свыше 1000 Вт).

### 4. По роду тока нагрузки:

4.1 ИП с выходом на переменном токе;

4.2 ИП с выходом на постоянном токе;

4.3 ИП с выходом на переменном и постоянном токе.

### 5. По числу выходов:

5.1 одноканальные ИП, имеющие один выход постоянного или переменного тока;

5.2 многоканальные ИП, имеющие два или более выходных напряжений.

### 6. По стабильности напряжения на нагрузке:

6.1 стабилизированные ИП;

6.2 нестабилизированные ИП.



**Стабилизированные источники питания** имеют в своем составе, по крайней мере, один стабилизатор напряжения (тока) и могут быть разделены:

а) по характеру стабилизации напряжения:

- Линейные ИП с непрерывным регулированием;
- ИП с импульсным регулированием.

б) по характеру обратной связи:

- параметрические;
- компенсационные;
- комбинированные

в) по точности стабилизации выходного напряжения:

- ИП с низкой стабильностью выходного напряжения (суммарная нестабильность выходного напряжения более 2–5%);
- ИП со средней стабильностью выходного напряжения (суммарная нестабильность не более 0,5–2%);
- ИП с высокой нестабильностью выходного напряжения (суммарная нестабильность до 0,1–0,5%);
- Прецизионные ИП (суммарная нестабильность менее 0,1%).

## Источники вторичного электропитания.

В линейных ИП переменное напряжение питающей сети преобразуется трансформатором, выпрямляется, подвергается низкочастотной фильтрации и стабилизируется (рис.12.2.). В нестабилизированных ИП нагрузка подключается непосредственно к выходу фильтра низкой частоты.

В стабилизаторах линейных ИП осуществляется непрерывное регулирование: последовательно или параллельно с нагрузкой включается регулирующий элемент (транзистор), управляемый сигналом обратной связи, за счет чего выходное напряжение поддерживается на постоянном уровне.



Рис.12.2

Выходное напряжение всегда ниже нестабилизированного входного напряжения и всегда имеет одинаковую полярность с входным напряжением  $U_{вх}$ , а сам стабилизатор непрерывно рассеивает мощность  $P_{рас} \approx I_{вых}(U_{вх} - U_{вых})$ , где  $I_{вых}$  – выходной ток (ток нагрузки).

**Импульсные ИП** непосредственно выпрямляют и фильтруют напряжение питающей сети переменного тока без использования первичного силового трансформатора, который для частоты 50 Гц имеет значительные вес и габариты. Выпрямленный и отфильтрованный постоянный ток коммутируется мощным электронным ключом КРЭ (ключевой регулирующий элемент), затем преобразуется высокочастотным трансформатором, снова выпрямляется и фильтруется (рис.12.3).

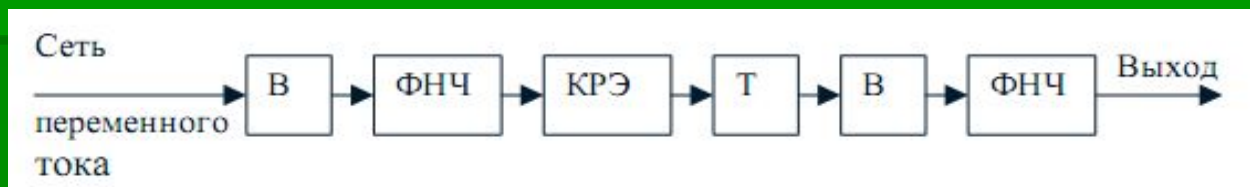


Рис.12.3

Из-за высокой частоты переключения (от 20 кГц и выше), трансформаторы и конденсаторы фильтров имеют намного меньшие размеры, чем их низкочастотные (50 Гц) эквиваленты. Достоинством импульсных ИП является высокий КПД –60–80%(КПД линейных ИП, как правило, не превышает 40 – 50%).

На практике имеется три типа импульсных электронных устройств, использующихся в качестве ИП:

- преобразователь – переменный ток/постоянный ток (AC-DC конверторы),
- преобразователь – постоянный ток/постоянный ток (DC-DC конвертор)
- преобразователь – постоянный ток/переменный ток (DC-AC преобразователь или инвертор).

## ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Элементная база цифровой электроники состоит из большого количества логических устройств, выполняющих разнообразные функции которые будут рассмотрены ниже. Однако все логические элементы и устройства функциональной цифровой электроники основаны на использовании электронных ключей на биполярных и полевых транзисторах. В ключевом режиме транзистор работает в логических схемах, триггерах, счетчиках, мультивибраторах, коммутаторах, блокинг-генераторах и т.д. Поэтому рассмотрим работу транзисторных ключей более подробно

Электронными ключами называются устройства, предназначенные для коммутации электрических цепей. Они могут быть выполнены на диодах либо транзисторах, однако транзисторный ключ является одним из наиболее распространенных элементов цифровой техники.

# УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

## Цифроаналоговые преобразователи

Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) предназначены для преобразования цифровых сигналов в аналоговые. Такое преобразование необходимо, например, при восстановлении аналогового сигнала, предварительно преобразованного в цифровой, для передачи на большое расстояние, в устройствах измерительной техники и ряде других случаев. Другой пример использования такого преобразования – получение управляющего сигнала при цифровом управлении устройствами, режим работы которых определяется непосредственно аналоговым сигналом (например, при управлении двигателями).

К основным параметрам ЦАП относят: разрешающую способность, время установления, погрешность нелинейности. Разрешающая способность – величина, обратная максимальному числу шагов квантования выходного аналогового сигнала.

Время установления  $t_{уст}$  – интервал времени от подачи кода на вход до момента, когда выходной сигнал войдет в заданные пределы, определяемые погрешностью. Погрешность нелинейности – максимальное отклонение графика зависимости выходного напряжения от напряжения, задаваемого цифровым сигналом, по отношению к идеальной прямой во всем диапазоне преобразования.

Как и рассматриваемые ниже аналого-цифровые преобразователи (АЦП), ЦАП являются «связующим звеном» между аналоговой и цифровой электроникой. Существуют различные принципы построения ЦАП.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) – это устройства, предназначенные для преобразования аналоговых сигналов в цифровые. Для такого преобразования необходимо осуществить квантование аналогового сигнала, т. е. мгновенные значения аналогового сигнала ограничить определенными уровнями, называемыми уровнями квантования.

# РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ И РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

## Назначение, классификация и основные параметры радиопередатчиков

Радиопередающие устройства (РПДУ) применяются в сферах телекоммуникации, телевизионного и радиовещания, радиолокации, радионавигации. Стремительное развитие микроэлектроники, аналоговой и цифровой микросхемотехники, микропроцессорной и компьютерной техники оказывает существенное влияние на развитие радиопередающей техники как с точки зрения резкого увеличения функциональных возможностей, так и с точки зрения улучшения ее эксплуатационных показателей.

Это достигается за счет использования новых принципов построения структурных схем передатчиков и схемотехнической реализации отдельных их узлов, реализующих цифровые способы формирования, обработки и преобразования колебаний и сигналов, имеющих различные частоты и уровни мощности.

Радиопередающие устройства (радиопередатчики) предназначены для: формирования колебаний несущей частоты; модуляции их по закону передаваемого сообщения и излучения полученного радиосигнала в пространство или передачи его по физическим линиям связи.

Радиопередающие устройства классифицируют:

1) По назначению: вещательные (радиовещательные, телевизионные), связные, радиолокационные, навигационные, телеметрические и др.

2) По диапазону рабочих волн (километровые, гектометровые, декаметровые, метровые и т. д.).

3) По средней излучаемой мощности передаваемых сигналов:

Под мощностью передатчика понимают мощность, отдаваемую в антенну. Она является одним из наиболее характерных показателей, определяющих дальность действия и надежность работы радиолинии.

По величине мощности передатчики могут быть очень малой (менее 3 Вт), малой (3..100 Вт), средней (0,1...10 кВт), большой (10...100 кВт), сверхбольшой (более 100 кВт) мощности.

4) По виду модуляции сигнала.

5) По условиям эксплуатации: стационарные, бортовые (космические, корабельные, самолетные, автомобильные) и переносные (портативные).

Основными узлами РПдУ являются (рис. 15.1) генератор несущей частоты и модулятор. В современных системах связи РПдУ содержит и другое оборудование, обеспечивающее совместную работу средств связи: источники питания, системы синхронизации, автоматического управления, контроля и сигнализации, защиты и т.д.

Преобразования, выполняемые радиопередающими устройствами:

- получение высокочастотных колебаний требуемой частоты и мощности;
- модуляция высокочастотных колебаний сигналом, поступающим от источника информации;
- фильтрация гармоник и прочих колебаний, частоты которых выходят за пределы необходимой полосы излучения и могут создать помехи другим радиостанциям;
- излучение модулированных, отфильтрованных и усиленных колебаний через антенну.



Рис.15.1

*Задающий генератор – синтезатор* служит для получения высокочастотных колебаний, частота которых соответствует высоким требованиям к точности и стабильности частоты радиопередатчиков.

Наличие синтезатора позволяет проводить преобразование частоты задающего генератора, которая обычно постоянна, в любую другую частоту, которая необходима для обеспечения радиосвязи или вещания.

Синтезатор позволяет создавать ряд частот с высокой точностью и стабильностью, так как стабильность обеспечивается на фиксированной низкой частоте, а ВЧ колебания формируются с использованием системы Фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Современные синтезаторы также выполняются с возможностью дистанционного или автоматического управления синтезируемой частотой.

*Усилитель мощности* позволяет увеличить мощность радиосигнала до заданного уровня. Одним из основных показателей также является высокий коэффициент полезного действия. Выходная цепь усилителя мощности выполняет функции согласования выхода мощного оконечного усилителя с антенной, фильтрации высокочастотных колебаний и передачи усиленных колебаний в антенну. Для существенного повышения мощности используют метод сложения мощностей активных элементов, соединяя их параллельно или последовательно с нагрузкой. Иногда производят сложение в нагрузке мощности от отдельных блоков, общей нагрузкой которых является промежуточный контур, связанный с антенной, так как получить большую мощность от одного каскада усиления даже на мощных транзисторах зачастую невозможно.

При сложении одной из важных задач является наличие взаимной связи через нагрузку и источник возбуждения, которая ослабляется при использовании мостовых схем сложения мощности.

*Модулятор* служит для модуляции несущих высокочастотных колебаний передатчика передаваемым сигналом. В зависимости от назначения передатчика и вида модуляции (амплитудная, частотная, однополосная и др.) процесс модуляции может происходить по разному.

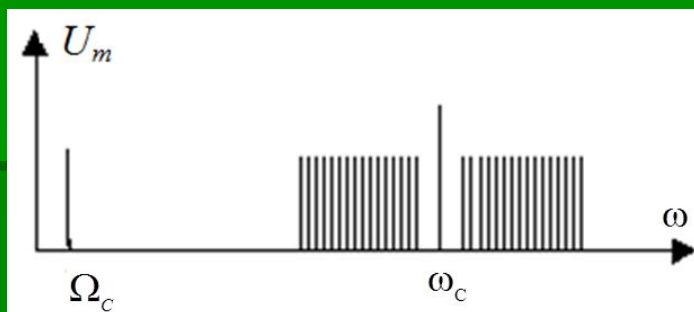


Рис.15.2

Например, амплитудная модуляция (рис.15.2) может производиться до усилителя мощности на низком уровне сигнала или же в усилителе мощности на высоком уровне сигнала, частотная модуляция может получаться в синтезаторе частоты либо (реже) в генераторе высокой частоты.

Параметры любого радиопередающего устройства должны удовлетворять требованиям ГОСТов и рекомендациям МСЭ.

В развитии систем связи, ТВ и передачи данных за последние годы произошел переход от аналоговых систем к цифровому вещанию. Самый большой качественный скачок был сделан в развитии телевидения вследствие освоения цифровых методов обработки и передачи видеосигнала. Возрастающие требования к качеству телевизионного вещания (ТВ) и расширению функциональных возможностей систем прикладного телевидения приводят к необходимости использования цифровых методов при формировании, консервации и приёме ТВ сигналов.

Преимущества цифровых методов передачи ТВ сигналов по сравнению с аналоговыми заключаются в следующем:

- возможность широкого применения электронных запоминающих устройств, причём качество цифровых сигналов почти не зависит от времени их хранения;
- отношение сигнал-шум почти не зависит от числа выполняемых с цифровыми ТВ сигналами операций;
- выходной сигнал цифровых ТВ трактов не зависит от стабильности их коэффициентов усиления;
- в значительно меньшей степени проявляются нелинейные искажения;
- возможность применения методов электронно-вычислительной техники при кодировании, преобразовании и анализе ТВ изображения.

Однако без использования специальных процедур сжатия цифровой информации требуется существенное повышение пропускной способности каналов связи, увеличение емкости запоминающих устройств, а также применение сверхбыстродействующих устройств цифровой обработки.

Используемые в телевещании три канала связи – спутниковый, кабельный и наземный – существенно отличаются по характеру помех действующих в каналах вещания. Поскольку разработка новых цифровых стандартов базировалась на аналоговых системах ТВ, исходя из принципа совместимости, то необходимо рассмотреть *основные характеристики стандартов аналогового ТВ.*



**Стандартом ТВ сигнала** называют совокупность определяющих его основных характеристик, таких как способ разложения изображения, число строк и кадров, длительность и форма синхронизирующих и гасящих импульсов, полярность сигнала, разнос между несущими частотами изображения и звукового сопровождения и метод модуляции последней, параметры предискажающей цепи звукового сигнала.

Для цветного телевидения добавляется метод передачи сигналов цветности совместно с сигналом яркости. Для черно-белого телевидения в различных странах существует 10 стандартов, которые принято обозначать латинскими буквами В, D, G, H, I, K, K1, L, M, N.

Независимо от стандарта общим принципом формирования изображения является принцип разбиения изображения на отдельные элементы и поэлементной передачи всего изображения в виде совокупности строк и кадров (телевизионного растра.)

По способу передачи сигналов цветности различают три стандарта цветного телевидения: SECAM, NTSC и PAL. Каждая из трех систем может применяться с любым из 10 стандартов черно-белого ТВ вещания, давая 30 возможных комбинаций. На практике применяются девять разновидностей PAL, шесть - SECAM и один стандарт из группы NTSC.

### **Стандарты аналогового ТВ:**

**NTSC (National Television Standards Committee).** Эта система была разработана в США и принята для вещания в 1953 г. Стандарт обеспечивает разрешение в 525 строк, обновляется с частотой 30 кадров в секунду (вернее, 60 полукадров (полей) с учетом чересстрочной развертки). Основной недостаток NTSC — высокая чувствительность к искажениям сигнала на уровне канала передачи. В настоящее время этот стандарт используется в большинстве стран Северной и Южной Америки и некоторых азиатских государствах.

**PAL (Phase Alternation Line)** — используемый практически во всем мире стандарт, принятый в 1967 г. Его главное преимущество перед американской разработкой — высокая стабильность информации об оттенке изображения. Сигнал имеет разрешение 625 строк при 25 кадрах в секунду (50 полей).

**SECAM (Sequential Color With Memor)** начали использовать в некоторых странах с 1969 г. Этот стандарт, как и PAL, имеет большое вертикальное разрешение (625 строк). При этом передача двух цветоразностных сигналов производится последовательно, а сигнал яркости — непрерывно, что позволяет получать устойчивый оттенок и стабильную насыщенность изображения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Степень совершенства изделий и технико-экономические показатели продукции в любой отрасли современного производства определяются в первую очередь техническим уровнем используемой электронной компонентной базы. В настоящее время доля радиоэлектроники в стоимости бытовых, промышленных и оборонных изделий и систем составляет от 50 до 80 %. В устройствах функциональной электроники требуется обработка большого массива информационных сигналов, как в аналоговой, так и цифровой формах. Это требует большой производительности, более  $10^{15}$  оп/с.

Основу вопросов рассмотренных в учебном пособии составляют основные типы электрических сигналов и их спектры, элементы электронных цепей, условия прохождения сигналов через различные радиоэлектронные цепи, а также их преобразование, то есть процессы модуляции, усиления, фильтрации, принципы работы и простейшие схемотехнические решения основных электронных устройств

Именно эти задачи важны как для специалистов радиоэлектронной техники, так и для будущих разработчиков конструкций этих устройств. В практике обучения специалистов данных направлений на первом плане должна быть их радиотехническая подготовка. Особенностью развития современной радиоэлектроники является выполнение практически всех операций над сигналами в цифровой форме, поскольку устройства современной электроники могут рассматриваться как процессор, одновременно обрабатывающий большой объём информации и способный решить сложные вопросы обработки больших массивов информации в реальном масштабе времени.