

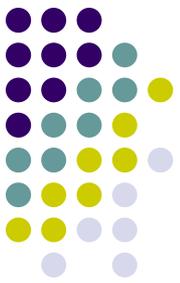
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «История радиотехники» для студентов, обучающихся
по специальности **11.05.01** «Радиоэлектронные системы и
комплексы» и направления подготовки **11.03.01** «Радиотехника»



Лекция 2. Основные понятия радиотехники. Виды сигналов. Элементная база радиоэлектронной аппаратуры и средств связи

План лекции 2



1. Основные понятия радиотехники

1.1. Понятие сигнал

1.2. Радиотехнические сигналы, их графическое и аналитическое представление

1.3. Понятия: модуляция, спектр, сообщение

1.4. Структурная схема радиопередатчика

2. Элементная база радиоэлектронной аппаратуры и средств связи

2.1. Пассивные и активные электрорадиокомпоненты. Общие сведения.

2.2. Основные параметры электрорадиокомпонентов. Система обозначений.

Контрольные вопросы для работы в группах

1. Основные понятия радиотехники

1.1. Понятие «сигнал»



- **Радиотехника** — наука, изучающая электромагнитные колебания и волны радиодиапазона, методы генерации, усиления, преобразования, излучения и приёма, а также применение их для передачи информации, часть электротехники, включающая в себя технику радиопередачи и радиоприёма, обработку сигналов, проектирование и изготовление радиоаппаратуры.
- Радиотехника включает следующие теории:
 - радиопередающих устройств
 - радиоприёмных устройств
 - антенно-фидерных устройств
 - кодирования сигналов
 - электромагнитной совместимости

Радиотехника нашла применение в различных областях науки, таких как физика, астрономия, медицина, химия. Радиотехнические методы применяются в системах передачи данных, радиосвязи, радиовещании, телевидении, радиолокации, радионавигации, радиоуправлении, системах автоматики и вычислительной техники.

На самом деле радиотехника - это всё что связано с информацией посредством электромагнитных волн. Радиотехника занимается передачей, извлечением и уничтожением информации посредством радиоволн. К радиотехнике тесно примыкают электроника, которая занимается как раз разработкой приборов для генерации-преобразования-усиления колебаний. Есть ещё радиоэлектроника, она занимается электронными приборами, их разработкой и применением не для целей радиотехники.



Понятие «сигнал», используемое в радиотехнике

происходит от латинского «**signum**»- в переводе – «знак» и представляет собой физический процесс, изменяющийся во времени (временная область). Более широко, под этим понимаются изменения сигнала одновременно и в частотной (спектральной) области.

В наиболее общей формулировке «сигнал» это зависимость одной величины от другой (то есть с математической точки зрения сигнал является функцией). Чаще всего рассматриваются зависимости от времени, хотя это не обязательно. Например, в системах оптической обработки информации сигналом может являться зависимость интенсивности света от пространственных координат. Физическая природа сигнала может быть различной. Очень часто это напряжение, несколько реже – ток, возможны и многие другие физические величины.

Общее представление и принятые обозначения понятия «сигнал» приведены на рис. 1 Поэтому, когда используется «сигнал», то уточняется область его представления.



Для теоретического изучения и расчёта сигналов составляется аналитическое выражение (математическая модель) исследуемого сигнала, что позволяет сравнить сигналы между собой, выявить их основные свойства, провести классификацию и др.

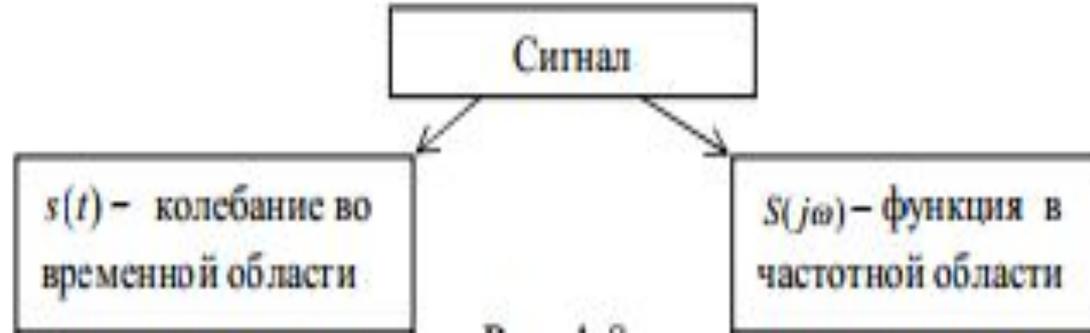


Рис.1

Анализ – один из ключевых компонентов обработки сигналов. Под "анализом" сигналов понимается не только их чисто математические описания и преобразования, но и получение на основе этих преобразований выводов об их специфических особенностях. Целями анализа сигналов обычно являются:

- определение или оценка числовых параметров сигналов (например, энергии, средней мощности, среднеквадратического значения и др.);
- разложение сигналов на элементарные составляющие для сравнения свойств различных сигналов. Такое разложение производится с использованием рядов и интегральных преобразований, важнейшими среди которых являются ряд Фурье и преобразование Фурье;
- сравнение степени близости ("похожести") различных сигналов, в том числе с определенными количественными оценками. Такое сравнение (измерение) производится с применением аппарата корреляционного анализа.



Структура обобщенной классификации сигналов приведена на рис. 2

Она может быть использована для описания сигналов, как во временной области, так и при исследовании характеристик сигналов в частотной области. Более точные вопросы разделения сигналов сопряжены с их особенностями и уточняются на этапе конкретного рассмотрения отдельных свойств конкретных групп сигналов.



Рис. 2 . Первый этап классификации сигналов



Детерминированные и случайные сигналы

Детерминированный сигнал (континуус, континуальный – т. е. полностью известный) – это сигнал, мгновенные значения которого в любой момент времени известны и поэтому не представляет интереса для исследования, т. к. не содержит информации, но важен для изучения общих свойств

СИГНАЛОВ. Примерами детерминированных сигналов могут быть: последовательности импульсов (форма, амплитуда и положение во времени которых известны), непрерывные сигналы с заданными амплитудно-фазовыми соотношениями и др.

Способы задания модели сигнала могут быть различные: аналитическое выражение (формула), осциллограмма или спектральное представление.

Один из примеров модели детерминированного сигнала $s(t)=U_m \sin(\omega_0 t+j_0)$ приведен на рис. 3. Это гармонический сигнал, который является одним из широко распространенных тестовых сигналов и особенно часто применяется для анализа характеристик различных цепей. Такой гармонический сигнал полностью определяется тремя числовыми параметрами: амплитудой U_m , частотой ω_0 и начальной фазой j_0 .

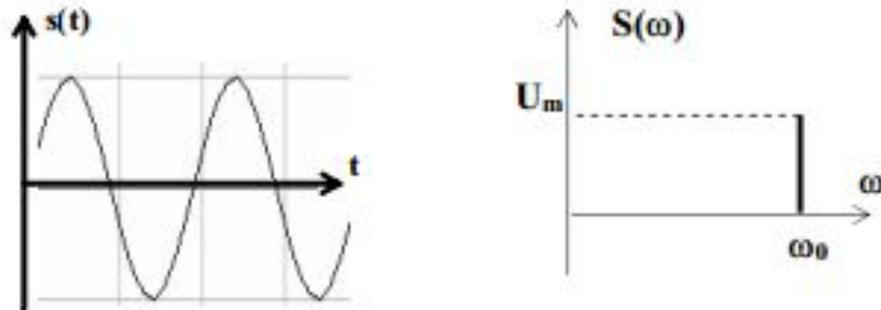


Рис.3 Детерминированный гармонический сигнал и его спектр



Элементарными сигналами являются постоянный и гармонический, а также сигналы, описываемые некоторыми специальными функциями.

К сложным относятся импульсные и модулированные сигналы.

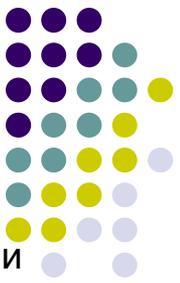
Случайный сигнал – сигнал, мгновенное значение которого в любой момент времени заранее неизвестно, а может быть предсказано лишь с некоторой вероятностью, меньше единицы (при вероятности равной единице – сигнал известен).

Примером случайного сигнала может быть напряжение, соответствующее человеческой речи, музыке; последовательность радиоимпульсов на входе радиолокационного приемника; помехи, шумы и др. На рис. 4 приведены примеры графиков (реализаций) случайных сигналов.



Рис.4 Примеры реализаций случайных процессов

1.2. Радиотехнические сигналы, их графическое и аналитическое представление



В радиотехнике применяют основные виды сигналов: непрерывные по величине (уровню) и непрерывные по времени (непрерывные или аналоговые – [рис. 3](#)), которые принимают произвольные значения $s(t)$ и существуют в любой момент в заданном временном интервале.

Непрерывные по величине и дискретные по времени (рис. 5а) сигналы заданы при дискретных значениях времени (на счетном множестве точек), величина сигнала $s(t)$ в этих точках принимает любое значение в определенном интервале по оси ординат. Квантованные по уровню и непрерывные по времени сигналы (рис. 5б) заданы на всей временной оси, но величина $s(t)$ может принимать лишь дискретные (квантованные) значения. Обычно используются общепринятые понятия – квантование по уровню и дискретизация по времени (более подробно в разделе – Дискретизация сигналов).

Термин «дискретный» характеризует способ задания сигнала на оси времени.

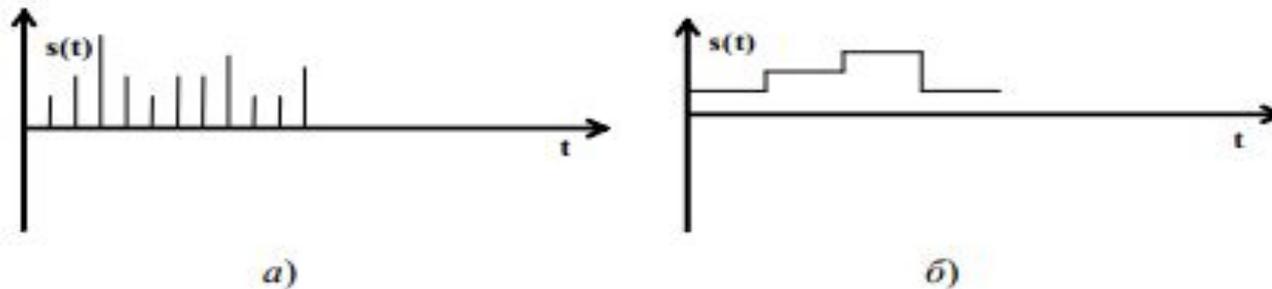


Рис. 5. Непрерывный по уровню и дискретный по времени сигнал – (а), квантованный по уровню и непрерывный по времени сигнал – (б)

Квантованные по уровню и дискретные по времени (цифровые) сигналы (рис. 6) – когда передаются значения уровней сигнала в цифровой форме.

Простейшая математическая модель дискретного сигнала $s(t)$ – это счетное множество точек $\{t_i\}$ (i – целое число) на оси времени, в каждой из которых определено отсчетное значение сигнала s_i . Как правило, шаг дискретизации $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ и для каждого сигнала постоянен.

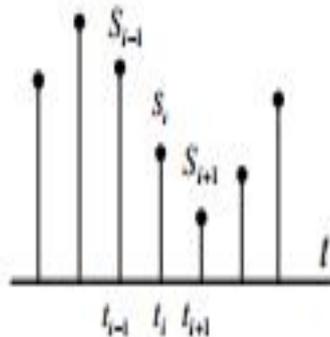
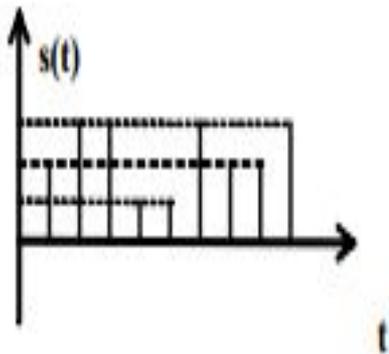
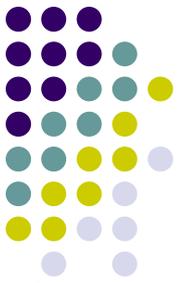


Рис. 6 Квантованные по уровню и дискретные по времени сигналы



Периодичность сигналов-

это еще один признак, используемый для классификации сигналов и существенно влияющий на методы их анализа – это периодичность. Для периодического сигнала с периодом T , измеряемого в секундах (с), выполняется соотношение $s(t) = s(t + nT)$ при любом t , где n – произвольное целое число. Если величина T является периодом сигнала $s(t)$, то периодами для него будут и кратные ей значения: $2T$, $3T$ и т. д. Как правило, говоря о периоде сигнала, имеют в виду минимальный из возможных периодов. Величина, обратная периоду, называется частотой повторения сигнала, измеряемой в Герцах (Гц): $f = 1/T$. В теории сигналов также часто используется понятие круговой частоты: $\omega = 2\pi f$, измеряемой в радианах в секунду (рад/с).

1.3. Понятия: модуляция, спектр, сообщение



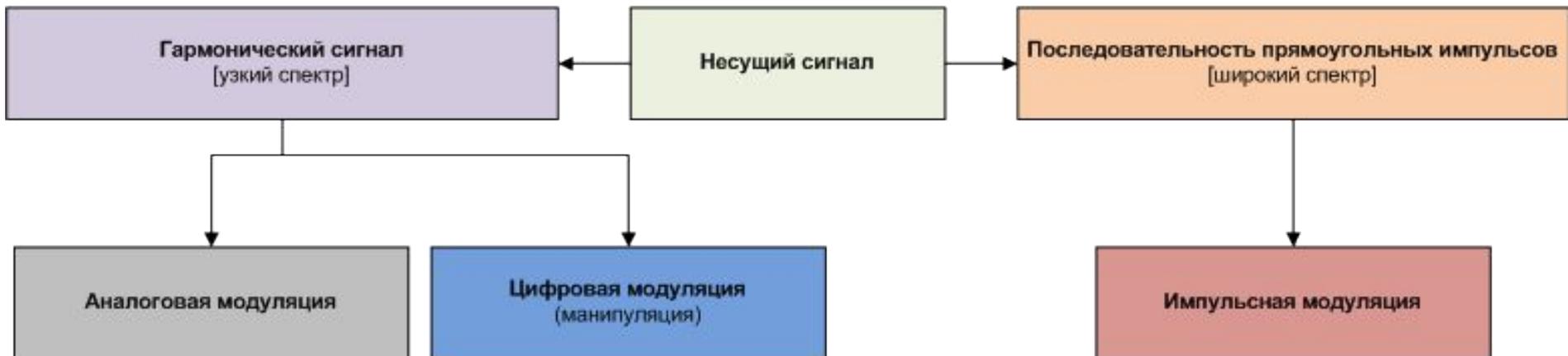
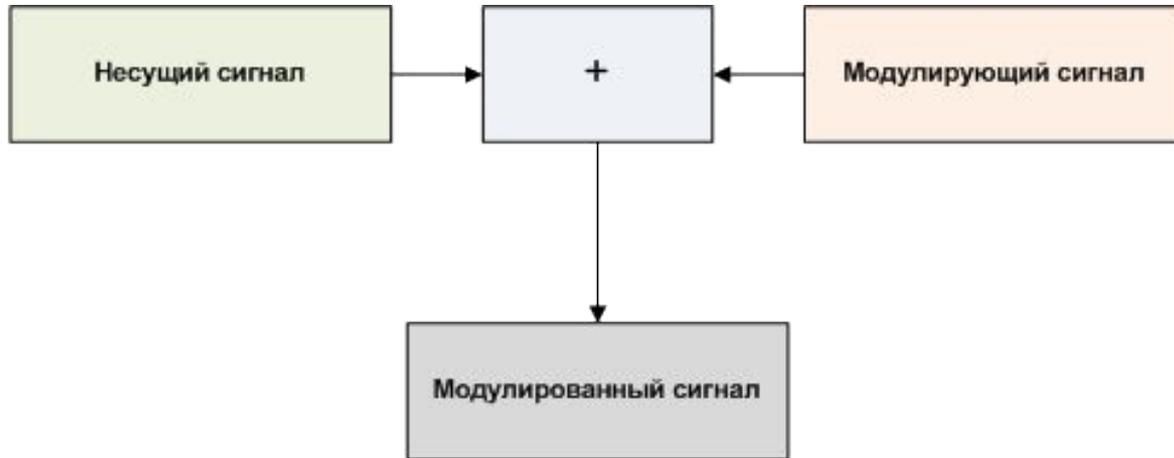
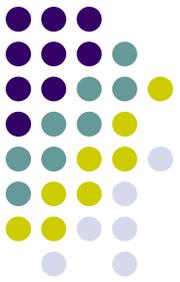
Модуляция (лат. *modulatio* — *размеренность, ритмичность*) — процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного несущего колебания по закону низкочастотного информационного сигнала (сообщения).

Передаваемая информация заложена в управляющем (модулирующем) сигнале, а роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое несущим. Модуляция, таким образом, представляет собой процесс «посадки» информационного колебания на заведомо известную несущую.

В результате модуляции спектр низкочастотного управляющего сигнала переносится в область высоких частот. Это позволяет при организации вещания настроить функционирование всех приёмо-передающих устройств на разных частотах с тем, чтобы они «не мешали» друг другу.

В качестве несущего могут быть использованы колебания различной формы (прямоугольные, треугольные и т. д.), однако чаще всего применяются гармонические колебания. В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают вид модуляции (амплитудная, частотная, фазовая и др.). Модуляция дискретным сигналом называется цифровой модуляцией или манипуляцией.

Виды модуляции





Спектр сигнала — в радиотехнике это результат разложения сигнала на более простые в базисе ортогональных функций. В качестве разложения обычно используются преобразование Фурье, разложение по функциям Уолша и др.

- Базисные функции

- В радиотехнике в качестве базисных функций используют синусоидальные функции. Это объясняется рядом причин:

- функции $\cos(\omega t)$, $\sin(\omega t)$ являются простыми и определены при всех значениях t , являются ортогональными и составляют полный набор при кратном уменьшении периода;
- гармоническое колебание является единственной функцией времени, сохраняющей свою форму при прохождении колебания через линейную систему с постоянными параметрами, могут только изменяться амплитуда и фаза;
- для гармонических функций имеется математический аппарат комплексного анализа;

✚ гармоническое колебание легко реализуемо на практике.

- Кроме гармонического ряда Фурье применяются и другие виды разложений: по функциям Уолша, Бесселя, Хаара, Лежандра, полиномам Чебышёва и др.

- В цифровой обработке сигналов для анализа применяются дискретные преобразования: Фурье, Хартли и др.

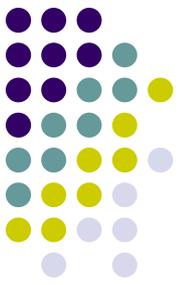
Сообщение

Люди обмениваются информацией в форме сообщений.

Сообщение — это форма представления информации в виде речи, текстов, жестов, взглядов, изображений, цифровых данных, графиков, таблиц и т.п.

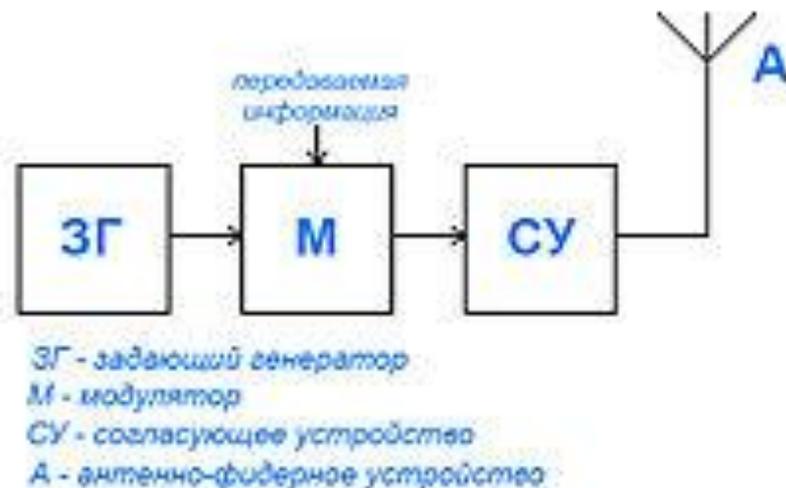
Одно и то же информационное сообщение (статья в газете, объявление, письмо, телеграмма, справка, рассказ, чертёж, радиопередача и т. п.) может содержать разное количество информации для разных людей — в зависимости от их предшествующих знаний, от уровня понимания этого сообщения и интереса к нему.

Так, сообщение, составленное на японском языке, не несёт никакой новой информации человеку, не знающему этого языка, но может быть высокоинформативным для человека, владеющего японским. Никакой новой информации не содержит и сообщение, изложенное на знакомом языке, если его содержание непонятно или уже известно.



1.4. Структурная схема радиопередатчика

Радиопередатчик (радиопередающее устройство) — устройство для формирования радиочастотного сигнала, подлежащего излучению



Применение

Радиопередатчик очень часто используется вместе с радиоприёмником и питающим устройством, вместе весь этот комплекс называется радиостанцией. Самостоятельно радиопередатчики используются в тех областях, где не нужен приём информации в месте её передачи — сигналы точного времени, разнообразные навигационные радиомаяки для определения местоположения объектов, многопозиционная радиолокация, радиовещание, дистанционное управление, телеметрия и т. д.

2.1. Пассивные и активные электрорадиокомпоненты. Общие сведения.



Компонентами электрических схем (электрорадиокомпонентами) —элементы электрических цепей РЭС, предназначенные для преобразования электрических сигналов.

Электронные компоненты делятся, по способу действия в электрической цепи, на *пассивные* и *активные*.

Пассивные электрорадиокомпоненты – это элементы электрической цепи, расходующие электрическую энергию, преобразуя ее в другой вид энергии (например, в тепло, электромагнитное излучение и т.д.), либо запасующие электрическую или магнитную энергию.

Примеры:

-  конденсаторы
-  резисторы
-  катушка индуктивности
-  трансформаторы
-  дроссели
-  контактные устройства
-  элементы индикации

Кроме того, для создания цепи используются всевозможные соединители и разъединители цепи — ключи; для защиты от перенапряжения и короткого замыкания —предохранители; для восприятия человеком сигнала —лампочки и динамики (*динамическая головка громкоговорителя*), для формирования сигнала —микрофон и видеокамера; для приёма аналогового сигнала, передающегося по эфиру, приёмнику нужна антенна, а для работы вне сети электрического тока —аккумуляторы.

Активные электрорадиокомпоненты поставляют в электрическую цепь энергию за счет работы сторонних сил, то есть преобразуют иной вид энергии в электрическую или один вид электрической энергии в другой (например, энергию постоянного тока в энергию переменного тока).



К активным электрорадиокомпонентам относятся:

Электрорадиокомпоненты

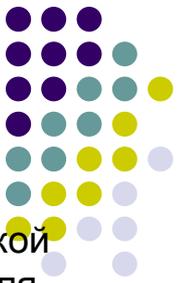
- Электронная лампа
- Триод
- Пентод

Полупроводниковые приборы

- Диод
- Стабилитрон
- Транзистор
- Тиристор
- Симистор и другие

К активным компонентам относятся и более сложные комплексы на их основе — интегральные микросхемы

2.2. Основные параметры электрорадиокомпонентов. Система обозначений.



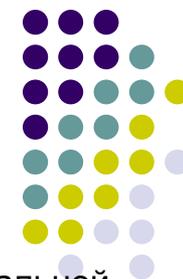
Рези́стор (англ. *resistor*, от лат. *resisto* — сопротивляюсь) — пассивный элемент электрической цепи, в идеале характеризуемый только сопротивлением электрическому току, то есть для идеального резистора в любой момент времени должен выполняться закон Ома для участка цепи: мгновенное значение напряжения на резисторе пропорционально току проходящему через него $U(t) = R \cdot I(t)$

На практике же резисторы в той или иной степени помимо основных электрических параметров обладают также паразитной ёмкостью, паразитной индуктивностью и нелинейностью вольт-амперной характеристики.



- а) обозначение, принятое в России и в Европе
- в) принятое в США

Характеристики компонентов радиоэлектронных схем рассмотрим на примере резистора



Резисторы характеризуются номинальным сопротивлением, относительным отклонением от номинального значения, рассеиваемой мощностью, предельным рабочим напряжением, максимальной температурой, температурным коэффициентом сопротивления, частотным откликом и т.д.. Рассмотрим некоторые из характеристик резисторов.

• Температурный коэффициент сопротивления ТКС

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) определяет относительное изменение величины сопротивления резистора при изменении температуры окружающей среды на 1° по Цельсию. ТКС может быть как положительным, так и отрицательным. Если резистивная пленка имеет относительно большую толщину, то она обладает свойствами объемного тела, сопротивляемость которого с увеличением температуры становится больше. Если же резистивная пленка имеет относительно небольшую толщину, то она состоит как бы из небольших «островков», расположенных отдельно друг от друга, и сопротивление такой пленочной структуры с увеличением температурных значений становится меньше, так как взаимодействие между отдельными «островками» улучшается. Для непроволочных резисторов, применяемых в радиоэлектронике и телевизионной промышленности, температурный коэффициент сопротивления не больше $\pm 0,04 - 0,2 \%$, у проволочных деталей $-\pm 0,003 - 0,2 \%$.

• Рассеиваемая мощность резистора

Номинальная мощность рассеивания, или рассеиваемая мощность резистора показывает предельно значимую мощность, которую сопротивление может рассеивать при долговременной электрической нагрузке, атмосферном давлении и температуре в нормальных значениях. Непроволочные резисторы подразделяются на мощность по номиналу от 0,05 до 10 Вт, а сопротивления проволочного типа от 0,2 до 150 Вт. На электросхемах рассеиваемая мощность резистора выделяется условно пунктиром на обозначении сопротивления для мощностей меньше 1 Вт и римскими цифрами на обозначении сопротивления для мощности больше 1 Вт. Номинальная мощность рассеивания этих деталей должна быть на 20—30 % больше такого показателя, как рабочая рассеиваемая мощность резистора



- **Максимальное напряжение резистора**

Предельное или максимальное напряжение резистора - это предельно возможное напряжение, подведенное к выводам сопротивления, которое не допускает превышения показателей технических условий (ТУ) на параметры электричества. По- другому, максимальное напряжение резистора – предельно допустимая величина, которая может быть приложена к резистору. Этот показатель выводится для обычных пределов работы детали и напрямую зависит от линейных размеров резистора, шага спиральной нарезки, температурных показателей, давления эксплуатационной среды и давления атмосферы. Чем выше температурные показатели и меньше давление атмосферы, тем больше шансов для пробоя теплового или электрического типа и выхода резистора из строя.

- **Максимальная температура резистора**

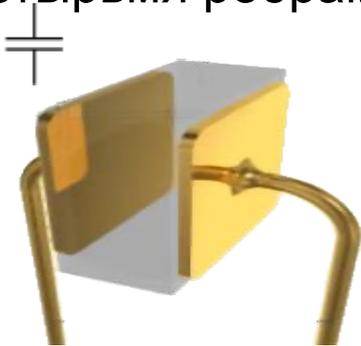
Одной из характеристик резистора является такой показатель, как максимальная температура резистора, напрямую зависит от мощности детали. Получается, что при увеличении мощности, которая выделяется в сопротивлении, увеличивается температура резистора, что может привести к его поломке. Во избежание этого, необходимо уменьшить температуру резистора. Это можно достичь укрупнением габаритов сопротивления.. Для всех типов сопротивлений определена максимальная температура резистора, превышение которой чревато выходом детали из строя.

Температурный показатель сопротивления находится в прямой зависимости и от температуры окружающего воздуха. Если этот показатель достигает большого значения, то температурный показатель сопротивления может стать выше максимальной температуры резистора, что крайне нежелательно. Чтобы этого не случилось, нужно снизить мощность, которая выделяется в резисторе.

- **Частотный отклик резистора**

Значение такой характеристики, как частотный отклик резистора, связано с определением значения максимального сопротивления и минимальной ёмкости. При прохождении тока высокой частоты сопротивление стремится к проявлению реактивных свойств в зависимости от конструктивного исполнения – доминируют либо емкостные, либо индуктивные значения.

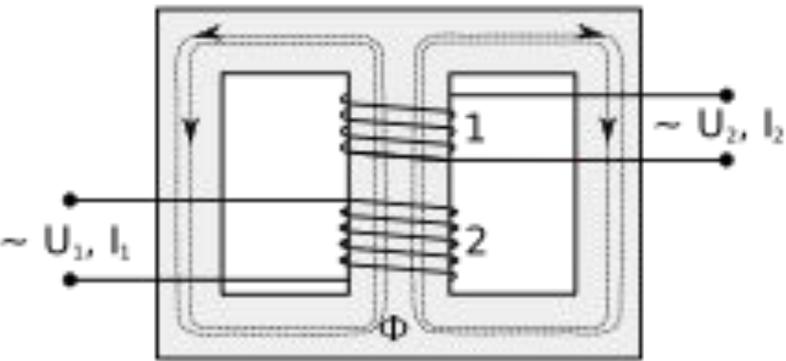
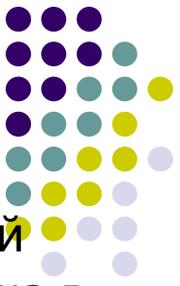
Конденсáтор (от лат. *condensare* — «уплотнять», «сгущать») — двухполюсник с определённым значением ёмкости и малой проводимостью. Устройство для накопления заряда и энергии электрического поля. Конденсатор является пассивным электронным компонентом. В простейшем варианте конструкция состоит из двух электродов в форме пластин (называемых *обкладками*), разделённых диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок (см. рис.). Практически применяемые конденсаторы имеют много слоёв диэлектрика и многослойные электроды, или ленты чередующихся диэлектрика и электродов, свёрнутые в цилиндр или параллелепипед со скруглёнными четырьмя рёбрами (из-за намотки).



Основными элементами конструкции конденсатора являются две токопроводящие обкладки, между которыми находится диэлектрик

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Конденсатор постоянной ёмкости

Трансформатор (от лат. *transformo* — преобразовывать) — это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки на каком-либо магнитопроводе предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений) переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты. Трансформатор осуществляет преобразование переменного напряжения и/или гальваническую развязку в самых различных областях применения — электроэнергетике, электронике и радиотехнике.



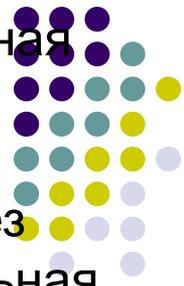
Схематическое устройство трансформатора. **1** — первичная обмотка, **2** — вторичная

Работа трансформатора основана на двух базовых принципах: Изменяющийся во времени электрический ток создаёт изменяющееся во времени магнитное поле (электромагнетизм)

Изменение магнитного потока, проходящего через обмотку, создаёт ЭДС в этой обмотке (электромагнитная индукция)

Катушка индуктивности — винтовая, спиральная или винтоспиральная катушка из свёрнутого изолированного проводника, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой ёмкости и малом активном сопротивлении. Как следствие, при протекании через катушку переменного электрического тока, наблюдается её значительная инерционность.

Применяются для подавления помех, сглаживания пульсаций, накопления энергии, ограничения переменного тока, в резонансных (колебательный контур) и частотно-избирательных цепях, в качестве элементов индуктивности искусственных линий задержки с сосредоточенными параметрами, создания магнитных полей, датчиков перемещений и так далее.



Свойства катушки индуктивности:

- Скорость изменения тока через катушку ограничена и определяется индуктивностью катушки.
- Сопротивление (модуль импеданса) катушки растёт с увеличением частоты текущего через неё тока.
- Катушка индуктивности при протекании тока запасает энергию в своём магнитном поле. При отключении внешнего источника тока катушка отдаст запасенную энергию, стремясь поддержать величину тока в цепи. При этом напряжение на катушке нарастает, вплоть до пробоя изоляции или возникновения дуги на коммутирующем ключе.

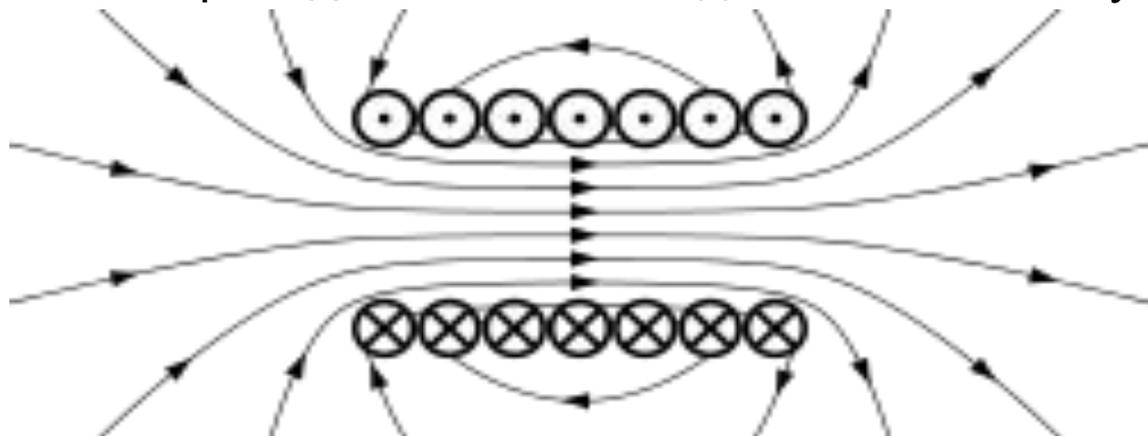


Катушка индуктивности (дроссель) на материнской плате компьютера

Соленоид - разновидность электромагнитов.

Соленоид — это однослойная катушка цилиндрической формы, витки которой намотаны вплотную, а длина значительно больше диаметра. Характеризуется значительным соотношением длины намотки к диаметру оправки, что позволяет создать внутри катушки относительно равномерное магнитное поле.

Соленоид почти всегда снабжается внешним магнитопроводом. Внутренний магнитопровод может быть подвижным или отсутствовать совсем.



Образование магнитного потока в соленоиде

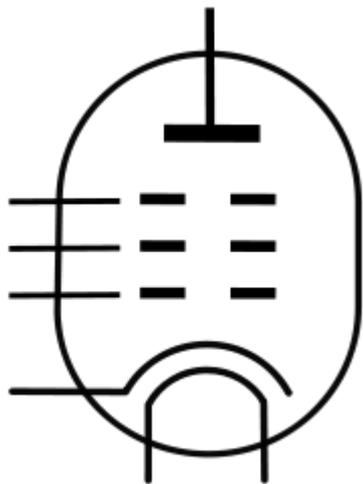


Пентод — вакуумная электронная лампа с экранирующей сеткой, в которой между экранирующей сеткой и анодом размещена третья (защитная или антидинатронная) сетка, подавляющая динатронный эффект.

Как правило, в лампах прямого накала третья сетка соединяется со средней точкой катода, в лампах косвенного накала — с любой точкой катода. В большинстве пентодов третья сетка и катод соединены внутри баллона, поэтому у них всего четыре сигнальных вывода.

По конструкции и назначению пентоды делятся на четыре основных типа:

- маломощные усилители высоких частот,
- выходные пентоды для видеоусилителей,
- выходные пентоды усилителей низких частот,
- мощные генераторные пентоды.



Условное графическое обозначение пентода косвенного накала. Сверху вниз:

- анод,
- антидинатронная сетка,
- экранирующая сетка,
- управляющая сетка,
- катод и
- подогреватель (два вывода).



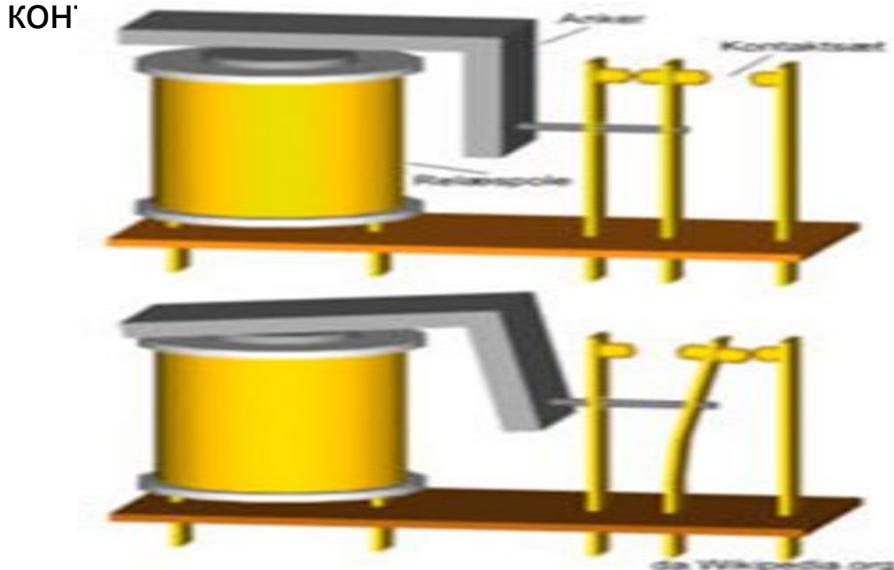
Реле



Релé (фр. *relais*) — электрическое устройство (выключатель), предназначенное для замыкания и размыкания различных участков электрических цепей при заданных изменениях электрических или неэлектрических входных величин. Различают электрические, механические и тепловые реле.

Основные части электромагнитного реле: электромагнит, якорь и переключатель. Электромагнит представляет собой электрический провод, намотанный на катушку с сердечником из магнитного материала.

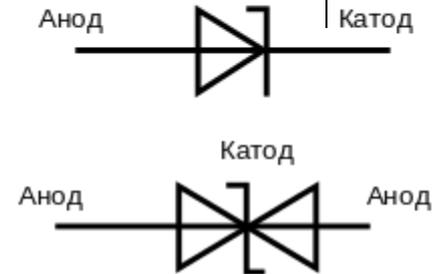
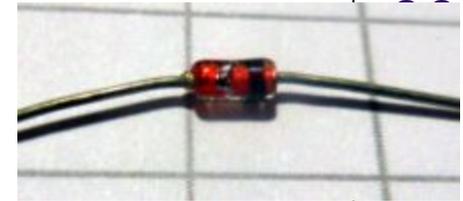
Якорь — пластина из магнитного материала, через толкатель управляющая



Полупроводниковый стабилитрон, или диод Зенера — полупроводниковый диод, работающий при обратном смещении в режиме пробоя. До наступления пробоя через стабилитрон протекают незначительные токи утечки, а его сопротивление весьма высоко.

При наступлении пробоя ток через стабилитрон резко возрастает, а его дифференциальное сопротивление падает до величины, составляющей для различных приборов от долей до сотен Ом. Поэтому в режиме пробоя напряжение на стабилитроне поддерживается с заданной точностью в широком диапазоне обратных токов.

Основное назначение стабилитронов — стабилизация напряжения. Серийные стабилитроны изготавливаются на напряжения от 1,8 В до 400 В.



Условные графические обозначения обычных и двуханодных стабилитронов на схемах электрических принципиальных

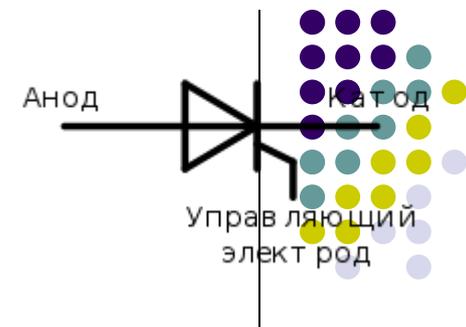
Тиристор — полупроводниковый прибор, выполненный на основе монокристалла полупроводника с тремя или более р-п-переходами и имеющий два устойчивых состояния: закрытое состояние, то есть состояние низкой проводимости, и открытое состояние, то есть состояние высокой проводимости.

Тиристор можно рассматривать как электронный выключатель (ключ). Основное применение тиристоров — управление мощной нагрузкой с помощью слабых сигналов, а также переключающие устройства.

Существуют различные виды тиристоров, которые подразделяются, главным образом, по способу управления и по проводимости.

Различие по проводимости означает, что бывают тиристоры, проводящие ток в одном направлении (например *тринистор*, изображённый на рисунке) и в двух направлениях (например, симисторы, симметричные динисторы).

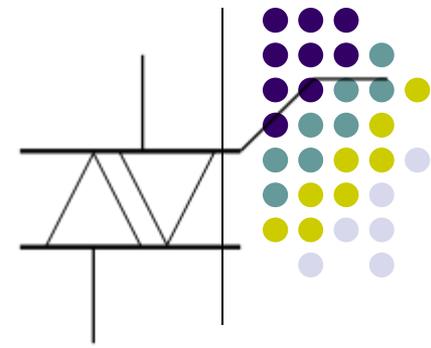
Тиристор имеет нелинейную вольт-амперную характеристику (ВАХ) с участком отрицательного дифференциального сопротивления. По сравнению, например, с транзисторными ключами, управление тиристором имеет некоторые особенности. Переход тиристора из одного состояния в другое в электрической цепи происходит скачком (лавинообразно) и осуществляется внешним воздействием на прибор: либо напряжением (током), либо светом (для фототиристора). После перехода тиристора в открытое состояние он остаётся в этом состоянии даже после прекращения управляющего сигнала, если протекающий через тиристор ток превышает некоторую величину, называемую током



Обозначение на схемах (тринистор)

Симистор (симметричный триодный тиристор) или триак — полупроводниковый прибор, являющийся разновидностью тиристоров и используемый для коммутации в цепях переменного тока. В электронике часто рассматривается как управляемый выключатель (ключ). В отличие от тиристора, имеющего катод и анод, основные (силовые) выводы симистора называть катодом или анодом некорректно, так как в силу структуры симистора они являются тем и другим одновременно. Однако по способу включения относительно управляющего электрода основные выводы симистора различаются, причём имеет место их аналогия с катодом и анодом тиристора.

Для управления нагрузкой основные электроды симистора включаются в цепь последовательно с нагрузкой. В закрытом состоянии проводимость симистора отсутствует, нагрузка выключена. При подаче на управляющий электрод отпирающего сигнала между основными электродами симистора возникает проводимость, нагрузка оказывается включённой. Характерно, что симистор в открытом состоянии проводит ток в обоих направлениях. Другой особенностью симистора, как и других тиристоров, является то, что для его удержания в открытом состоянии нет необходимости постоянно подавать сигнал на управляющий электрод (в отличие от транзистора). Симистор остаётся открытым, пока протекающий через основные выводы ток превышает некоторую величину, называемую **током удержания**. Отсюда следует, что выключение нагрузки в цепи переменного тока происходит вблизи моментов времени, когда ток через основные электроды симистора меняет направление (обычно это совпадает



Обозначение на схемах



Фото современных симисторов

Контрольные вопросы для работы в группах (состав группы 2-3 человека)



- 1) Перечислите основные виды радиотехнических сигналов
- 2) Назовите основные виды модуляции
- 3) Дайте определение активных и пассивных электрорадиокомпонентов и назовите элементы, которые относятся к каждой группе
- 4) Какие виды транзисторов используются при проектировании радиоэлектронной аппаратуре? Как они обозначаются на схемах электрических принципиальных?
- 5) Виды трансформаторов и система обозначений.
- 6) Ключи- типы и система обозначений.



**Спасибо за внимание
и хорошую работу.
Лекция окончена**