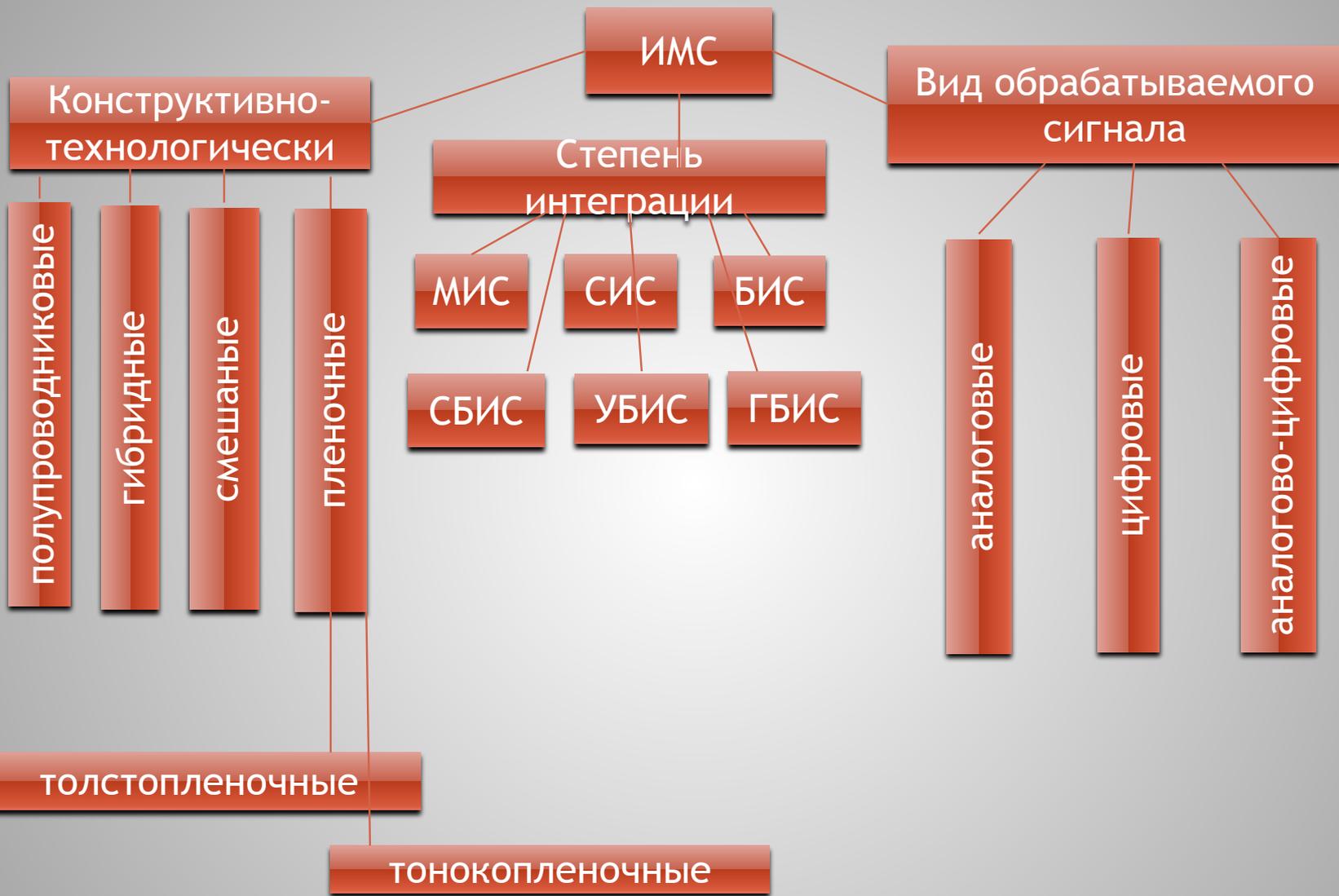


ТЕМА :

“ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ”

1. Определения в области производства и конструирования ИМС
2. Классификация ИМС
3. Условные обозначения ИМС
4. Методы контроля ИМС

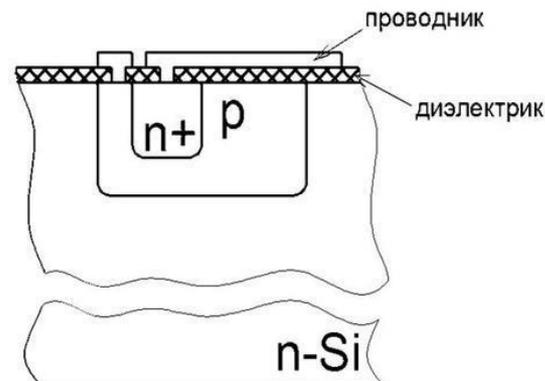


1.1 Классификация интегральных микросхем по конструкторско-технологическому исполнению

Полупроводниковые микросхемы

Полупроводниковые ИС - это ИС, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в объеме и на поверхности полупроводникового кристалла.

Полупроводниковые микросхемы



1.1 Классификация интегральных микросхем по конструкторско-технологическому исполнению

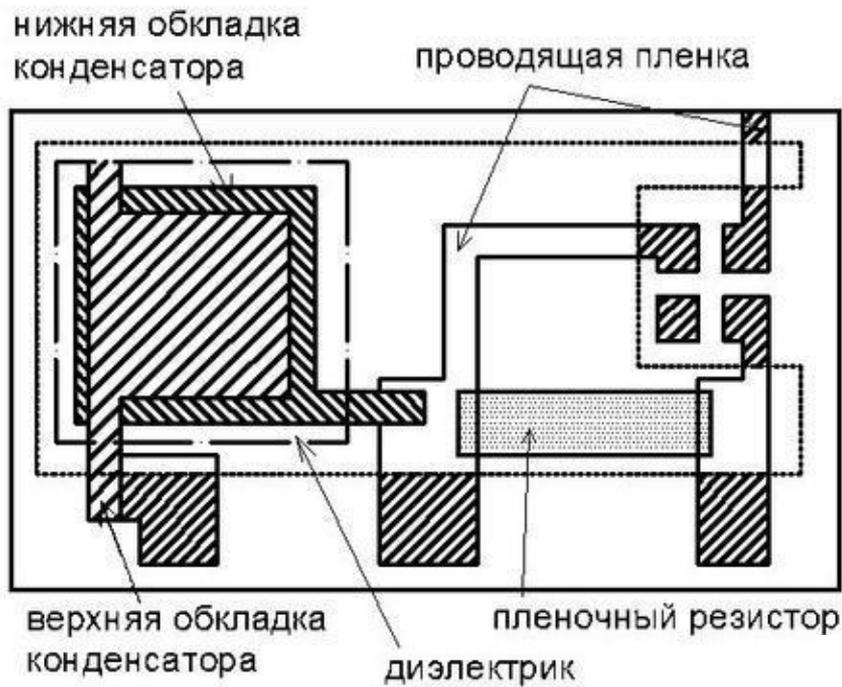
Пленочные микросхемы

Пленочная ИС - это схема, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в виде пленок на диэлектрической подложке (при этом элементы преимущественно изготовлены методами вакуумного нанесения).

Толстопленочная ИС - это схема с толщиной пленок 10-70 мкм, элементы которой изготавливаются методами трафаретной печати (сеткография).

Различия между тонко- и толстопленочными ИС может быть количественным и качественным. К тонкопленочным ИС относят ИС с толщиной пленок < 1 мкм, к толстопленочным ИС - ИС с толщиной пленок 10-70 мкм.

Пленочные микросхемы



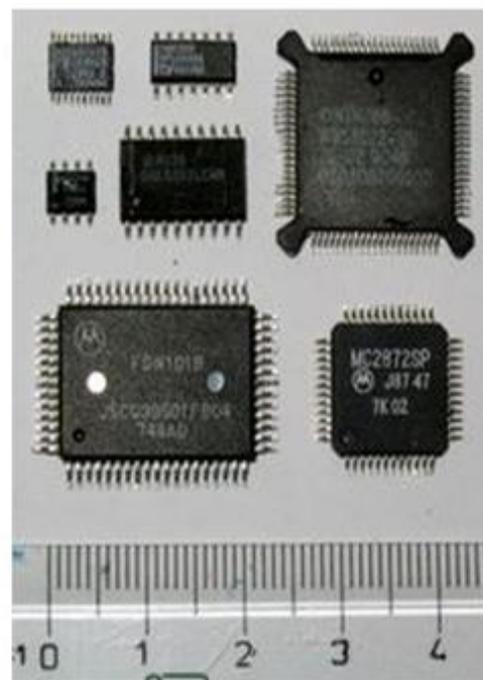
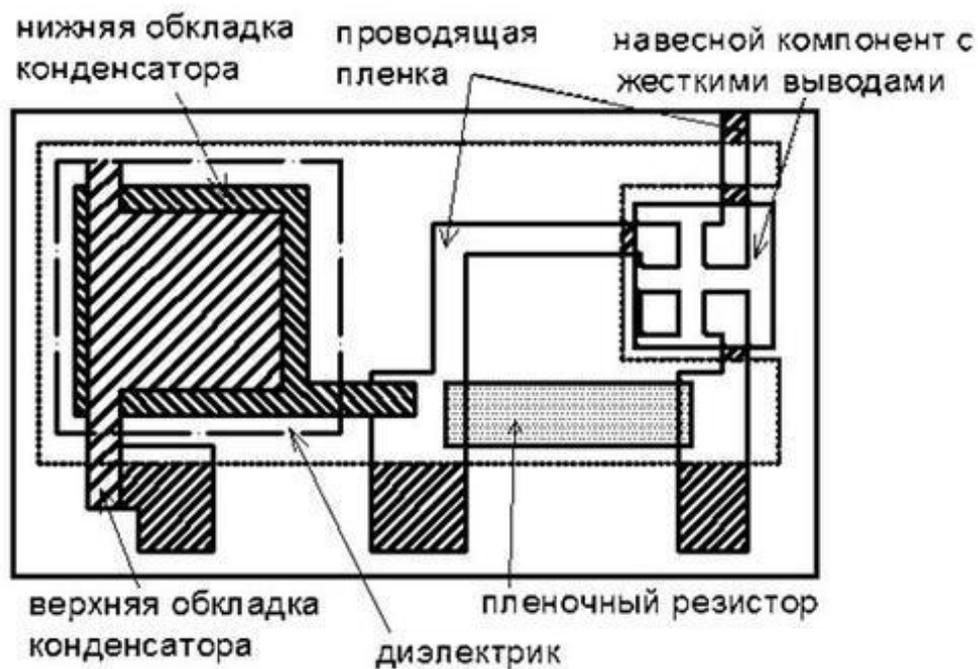
1.1 Классификация интегральных микросхем по конструкторско-технологическому исполнению

Гибридные микросхемы

ГИС - это ИС, часть элементов которой (обычно пассивные) выполнены в виде пленок (1-2 мкм - тонкопленочная, 10-70 мкм - толстопленочная), а другая часть - в виде кристаллов полупроводниковых ИС или микроминиатюрных ЭРЭ, расположенных на диэлектрической подложке и электрически связанных между собой пленочными межэлементными соединениями.

1.1 Классификация интегральных микросхем по конструкторско-технологическому исполнению

Гибридные микросхемы



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ИМС

XX X XXX XX XX

Поле 1: одна-две буквы, которые обозначают область применения, конструктивное исполнение, материал корпуса.

“К” – ИМС широкого назначения;

“-” – ИМС специального назначения.

Вторая буква :

“Р” – пластмассовый;

“М” – металлокерамический.

Поле 2 : одна цифра, которая определяет группу по конструктивно - технологическому исполнению кристаллов и плат ИМС.

“1,5,7” – полупроводниковые ИМС;

“2,4,6,8” – гибридные ИМС;

“3” – другие ИМС.

Поле 3: до 3х цифр (в диапазоне 000-999), указывает номер разработки серии ИМС.

Поле 4: две буквы, указывают группу и вид по функциональному назначению.

Поле 5: одна-две цифры, или цифра и буква, указывают отличительные особенности вариантов ИМС при совпадении группы и вида в поле 4.

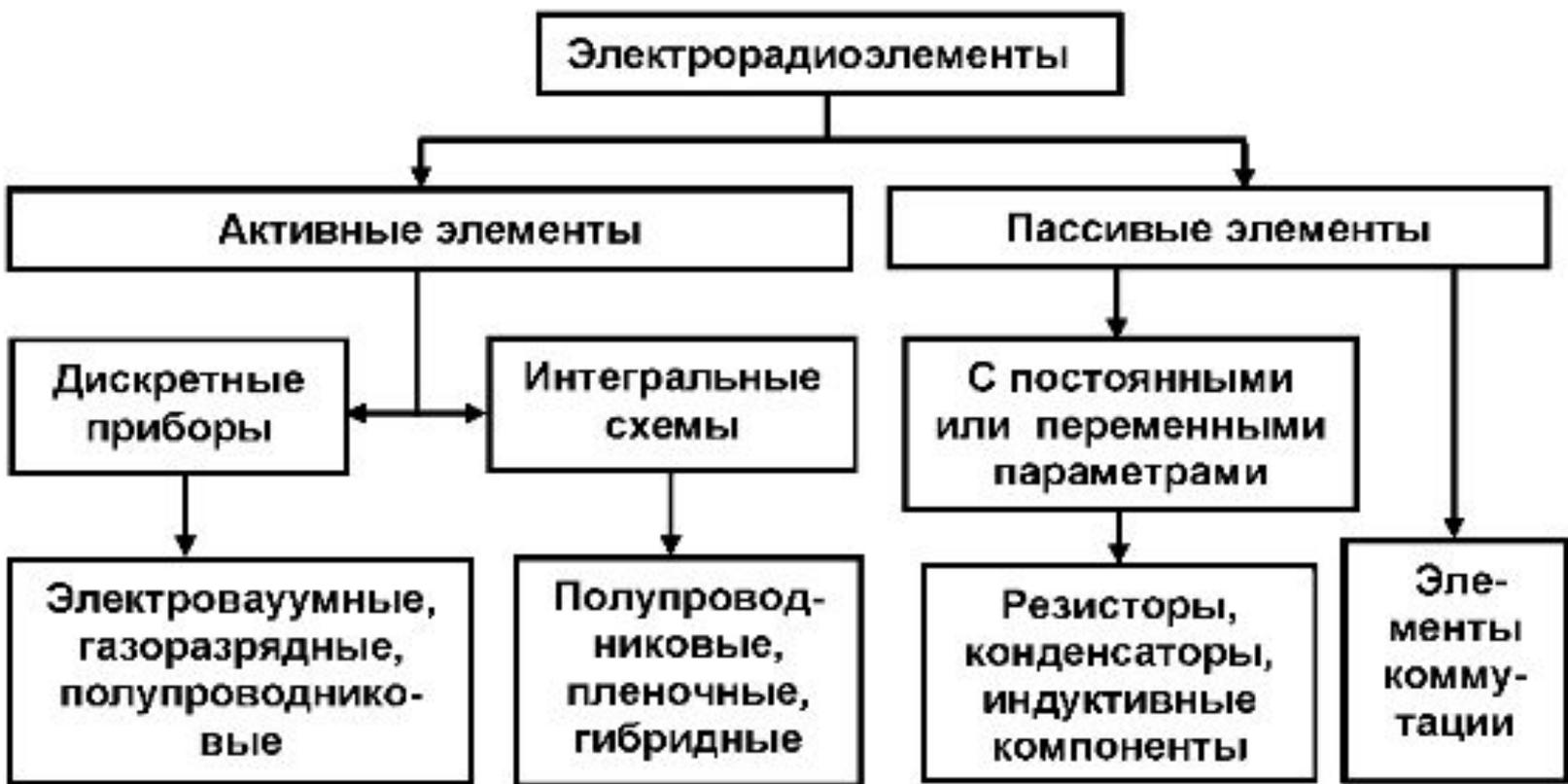
Підгрупа	Вид	Позначення
А Формувачі	Імпульсів прямокутної форми	АГ
	Імпульсів спеціальної форми	АФ
	Адресних струмів	АА
	Разрядних струмів	АР
	Інші	АП
Б Схеми затримки	Пасивні	БМ
	Активні	БР
	Інші	БП
В Схеми розрахункових засобів	Мікро ЕВМ	ВЕ
	Мікропроцесори	ВМ
	Схеми керування пам'яттю	ВТ
	Схеми синхронізації	ВБ
Г Генератори	Прямокутних сигналів	ГГ
	шума	ГМ
Д Детектори	Амплітудні	ДА
	Імпульсні	ДИ
	частотні	ДС
Е Схеми джерела живлення	Випрямлячі	ЕВ
	Перетворювачі	ЕМ
	Стабілізатори напруги	ЕК
	Імпульсні стабілізатори струму	ЕУ
И Схеми цифрових приладів	Суматори	ИМ
	Напівсуматори	ИЛ
	Лічильники	ИЕ
	Шифратори	ИВ
	Дешифратори	ИД
	Комбіновані	ИК
К	Ключ струма	КТ
	Ключ напруги	КН
Л Логічні елементи	И	ЛИ
	НЕ	ЛН
	ИЛИ	ЛЛ
	И-НЕ	ЛА
	ИЛИ-НЕ	ЛЕ
	И-ИЛИ	ЛС
	И-ИЛИ-НЕ	ЛР

М Модулятори	Амплітудні Частотні Фазові імпульсні	МА МС <u>МФ</u> МИ
Н Набори елементів	Діодів Транзисторів Резисторів Конденсаторів	НД НТ НР НЕ
П Перетворювачі сигналів	<u>Частоти</u> Напруги Потужності <u>Рівня</u>	<u>ПС</u> ПН <u>ПМ</u> <u>ПУ</u>
С Схеми порівняння	Амплітудні Часові Частотні Компаратори	СК СВ СС СА
Т Тригери	Т-тригери Динамічні <u>Шмітта</u>	ТТ ТД ТЛ
У Підсилювачі	Високої частоти Низької частоти Імпульсні сигнали Повторювачі	УВ УН УИ УЕ
Ф Фільтри	Верхніх частот Низьких частот <u>Полосові</u> <u>режекторні</u>	ФВ ФН ФЕ ФР

ТЕМА :

*“КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ
АППАРАТУРЫ”*

1. *Активные и пассивные элементы*
2. *Резисторы*
3. *Конденсаторы*
4. *Индуктивности*



РЕЗИСТОРЫ



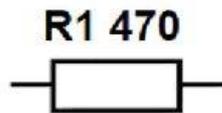
РЕЗИСТОРЫ



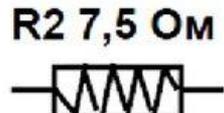


Система обозначений

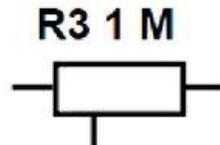
Условно-графическое обозначение на принципиальных схемах



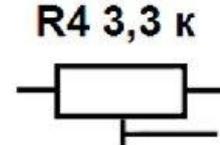
Постоянный резистор



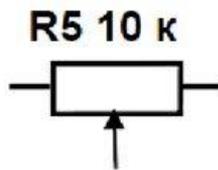
Проволочный резистор



Резистор с отводом



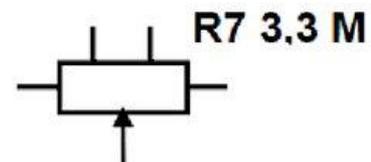
Подстроечный резистор



Переменный резистор



Переменный резистор с замыкающим контактом



Переменный резистор с отводами

При использовании буквенно-цифрового кода сопротивления резисторов обозначают цифрами с указанием единицы измерения. Принято обозначать буквами: R - ом, K - килоом, M -мегаом.

Если значение сопротивления выражается целым числом, то обозначение единицы измерения ставят после числа.

Например:
15R - 15 Ом,
47K - 47 кОм,
10M - 10 МОм.

Если сопротивление выражается десятичной дробью, меньшей единицы, то вместо нуля целых и запятой впереди цифры располагают обозначение единицы измерения.

Например:
R12 - 0,12 Ом,
K27 - 0,27 кОм,
M82 - 0,82 МОм.

Если сопротивление выражается целым числом с десятичной дробью, то после целого числа вместо запятой ставят обозначение единицы измерения. Например:

5R1 - 5,1 Ом,
3K3 - 3,3 кОм,
1M5 - 1,5 МОм.

В 2002 году появилась новая сокращенная система обозначения типов резисторов, в соответствии с которой обозначение типов резисторов состоит из трех элементов:
 P1-4

Первый элемент	Второй элемент	Третий элемент
P – постоянные резисторы	1 – непроволочные 2 – проволочные, металлофольговые	Номер конструктивного исполнения
RP – переменные резисторы		
TR – терморезисторы с отрицательным ТКС		
TRP – терморезисторы с положительным ТКС		
VR – варисторы постоянные		
VRP – варисторы переменные		

Цветовая маркировка отечественных резисторов (непроволочных)

Цвет	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Множитель	Допуск	ТКС, %/°C
Золотой				0,1 Ом	± 5	
Серебрянный				0,01 Ом	± 10	
Черный		0	0	1 Ом	± 20	
Коричневый	1	1	1	10 Ом	± 1	100
Красный	2	2	2	100 Ом	± 2	50
Оранжевый	3	3	3	1 кОм		15
Желтый	4	4	4	10 кОм		25
Зеленый	5	5	5	100 кОм	± 0,5	
Голубой	6	6	6	1 МОм	± 0,25	10
Фиолетовый	7	7	7	10 МОм	± 0,1	5
Серый	8	8	8	100 МОм	± 0,05	
Белый	9	9	9			1

Пример
обозначения:
4.64 кОм±0.25%



Параметры резисторов



1. Номинальная мощность рассеяния P_n , Вт. Это наибольшая допустимая мощность, которую резистор может рассеивать при заданных условиях эксплуатации в течение гарантированного срока службы (обычно 10 тыс. часов).

$P_R = I^2R$ – мощность электрического тока, рассеиваемая резистором, Вт; I – ток через резистор, А; R – электрическое сопротивление резистора, Ом;

Согласно ГОСТ 10318 и ГОСТ 24013 значения номинальных мощностей рассеяния для вновь разрабатываемых резисторов назначаются из ряда 0,01 – 0,025 – 0,05 – 0,062 – 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 8 – 10 – 16 – 25 – 40 – 63 – 80 – 100 – 250 – 500 Вт.



Обозначение номинальной мощности



0,125 Вт

0,25 Вт

0,5 Вт

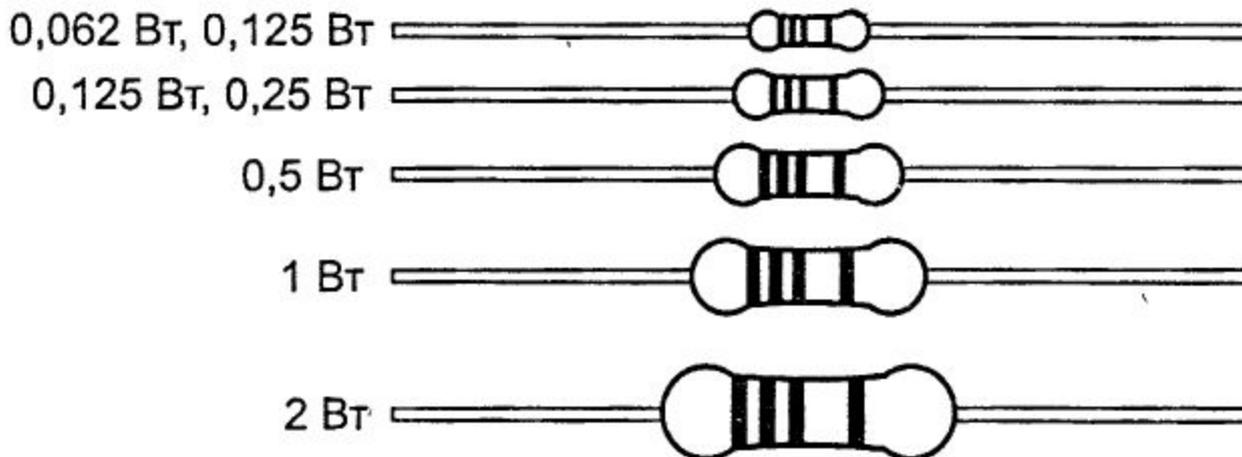
1 Вт



2 Вт

5 Вт

10 Вт



В процессе работы резистор нагревается и температура его перегрева ΔT относительно окружающей среды определяется соотношением

$$\Delta T = \frac{P_R}{\alpha S}, \text{ К,}$$

где $\Delta T = T_R - T_0$

T_R – температура резистора, °С;

$T_0 \approx 20$ °С – температура окружающей среды;

S – площадь поверхности резистора, м²;

$\alpha \approx 10$ Вт/К×м² – коэффициент теплоотдачи с единицы площади поверхности резистора.

Параметры резисторов



2. Номинальное сопротивление R_n . Это значение сопротивления, указанное в ТУ на резистор. Согласно ГОСТ 2825 номинальные значения сопротивлений резисторов назначаются из шести десятичных рядов: **E6, E12, E24, E48, E96, E192**. Для переменных резисторов в соответствии с ГОСТ 10318 установлены ряды E6 и E3. Кратные и дольные единицы сопротивления получают путем умножения члена ряда на 10^k , где k – целое положительное или отрицательное число.



Стандартные ряды

E6	E12	E24	E6	E12	E24	E6	E12	E24
1	1	1	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7
		1,1			2,4			5,1
	1,2	1,2		2,7	2,7		5,6	5,6
		1,3			3			6,2
1,5	1,5	1,5	3,3	3,3	3,3	6,8	6,8	6,8
		1,6			3,6			7,5
	1,8	1,8		3,9	3,9		8,2	8,2
		2			4,3			9,1

например резистор из ряда E12 может иметь сопротивление 1,2 Ом, 12 Ом, 120 Ом, ..., 1,2 МОм, 12 МОм, 1,5 Ом, 15 Ом и т. д.

Параметры резисторов



3. Допускаемое отклонение сопротивления от номинального значения (допуск) δR , %. Значения допусков согласованы с номером десятичного ряда, который используется при назначении сопротивления. Согласно ГОСТ 9667 допуски составляют **20%, 10%, 5%, 2%, 1%, 0,5%,...** для значений сопротивлений, назначаемых из десятичных рядов E6...E192, соответственно. Для прецизионных резисторов разрешается назначать меньшие значения допусков – от 0,25% до 0,001%.

Параметры резисторов



4. Предельное рабочее напряжение $U_{\text{пред}}$. Это напряжение, устанавливаемое с учетом тепловых процессов в РЭ, электрической прочности резистора, конструкции и размеров резистора и обеспечения длительной работоспособности. Значение

$$U_{\text{пред}} = \sqrt{P_{\text{н}} R_{\text{н}}}$$

Согласно ГОСТ 24013 предельные рабочие напряжения постоянных резисторов устанавливаются из рядов 25 – 50 – 150 – 200 – 250 – 500 – 750 В и 1 – 1,5 – 2,5 – 3 – 4 – 5 – 10 – 25 – 35 – 40 – 60 кВ.

Параметры резисторов



5. Температурный коэффициент сопротивления резистора ТКС. Представляет собой относительное изменение сопротивления резистора при изменении его температуры на один градус:

$$\alpha_{RT} = \frac{\Delta R}{\Delta T} \frac{1}{R} \quad , \text{K}^{-1}.$$

Значение *ТКС* должно быть таким, чтобы в рабочем диапазоне температур величина сопротивления резистора не выходила за пределы допустимых отклонений. Для большинства резисторов значение

$$\alpha_{RT} \approx \pm 10^{-4} \dots 10^{-3} \quad \text{K}^{-1}.$$

Параметры резисторов

6. ЭДС шумов резистора $E_{ш}$. Это параметр, который характеризует уровень электрических шумов, возникающих при протекании электрического тока по резистору вследствие неоднородности материала РЭ. Значение ЭДС шумов определяется соотношением

$$E_{ш} = \frac{U_{ш}}{U_{раб}} \quad , \text{ мкВ/В},$$

где $U_{ш}$ – действующее напряжение шума, мкВ.

Параметры переменных резисторов

7. Функциональная характеристика представляет зависимость сопротивления R переменного резистора от угла поворота $R = f(\varphi)$ или от величины линейного перемещения $R = f(l)$ скользящего контакта вдоль РЭ. По виду функциональной характеристики переменные резисторы делятся на следующие группы: линейные (типа А); нелинейные (типа Б – логарифмические и типа В – обратнологарифмические); специального назначения (типа И или Е). Функциональные характеристики переменных резисторов представлены на рис. 7.8.

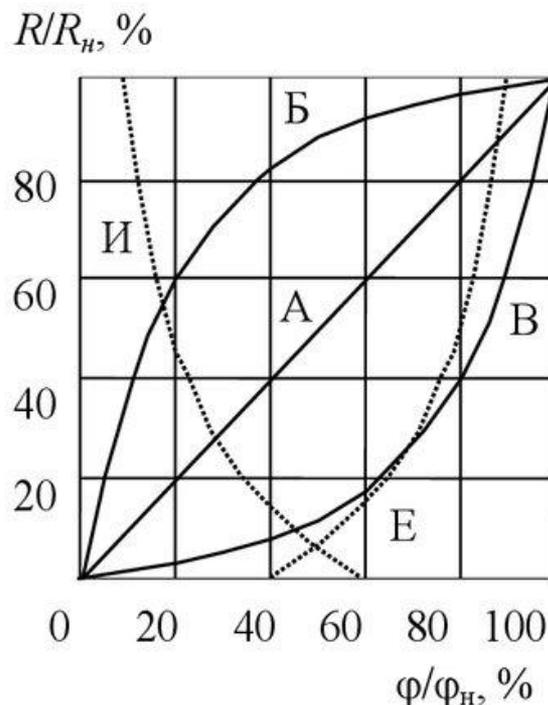


Рис. 7.8. Функциональные характеристики переменных резисторов (φ_n – максимальный угол поворота движка резистора)

Параметры переменных резисторов

8. Износостойкость переменных резисторов оценивается максимально допустимым числом поворотов (или циклов перемещения от упора до упора и обратно) подвижной системы, при достижении которого параметры резистора еще остаются в пределах норм ТУ.

Постоянные резисторы



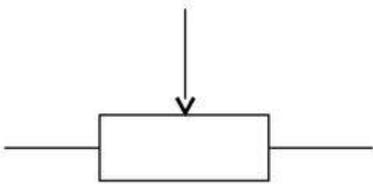
- общего применения,
- точные,
- прецизионные,
- высокочастотные,
- высокоомные,
- высоковольтные.



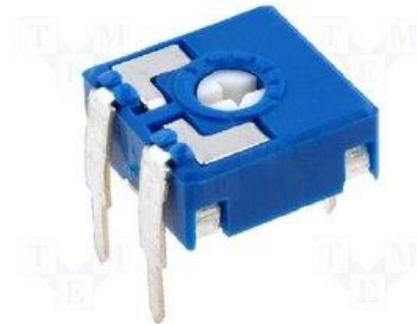
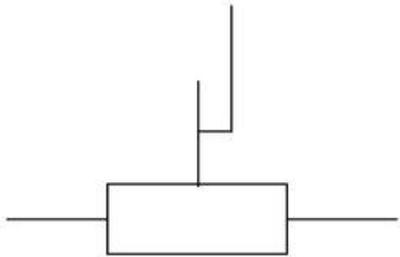
Переменные резисторы



- регулировочные



- подстроечные



Резисторы

Конструкция резисторов

1. Пленочный выводной резистор

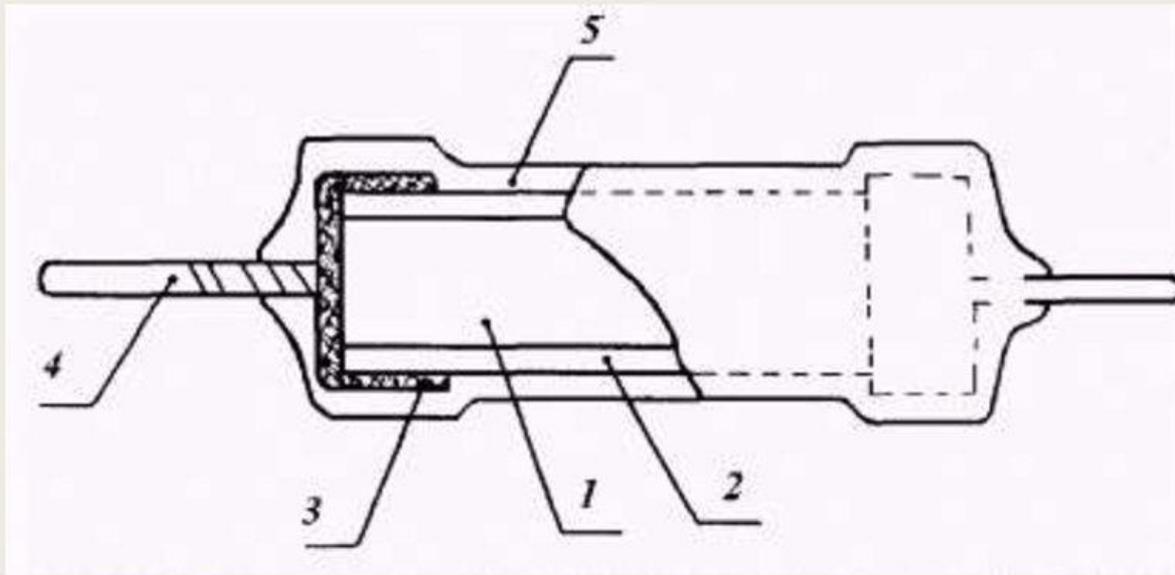


Рис. 1. Конструкция пленочного выводного резистора:

1 – диэлектрическое цилиндрическое основание;

2 – резистивная пленка;

3 – контактные колпачки;

4 – выводы;

5 – защитная пленка

Резисторы

Конструкция резисторов

2. Проволочный выводной резистор

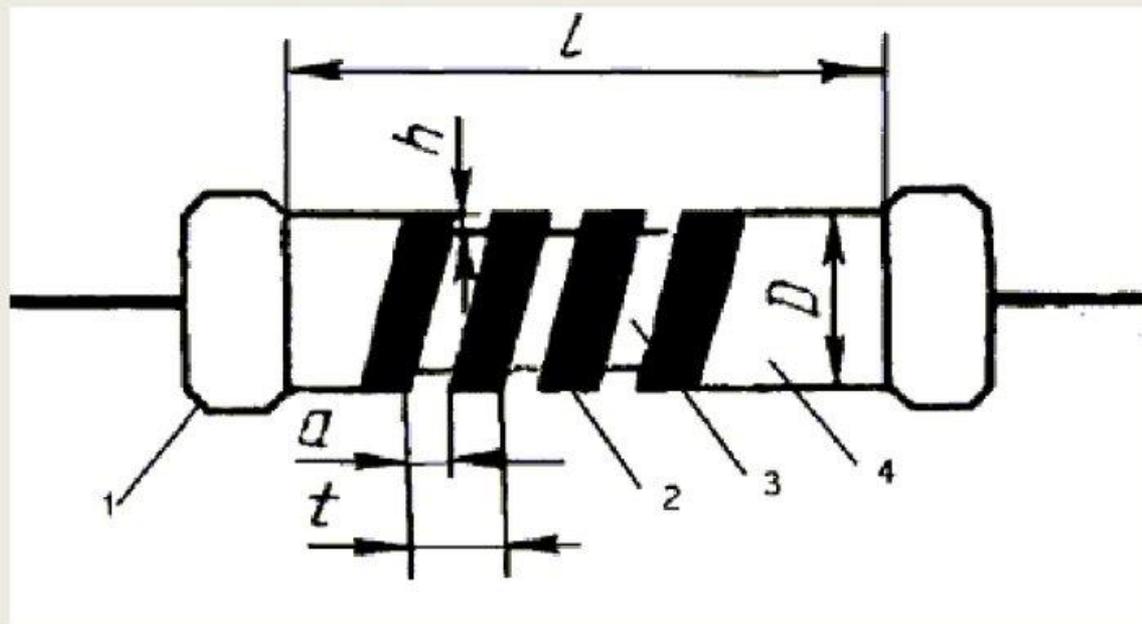


Рис. 2. Конструкция проволочного выводного резистора:

- 1 – контактные колпачки;
- 2 – резистивный элемент;
- 3 – диэлектрическое цилиндрическое основание;
- 4 – защитная пленка

Резисторы

Конструкция резисторов

3. Объемный выводной резистор

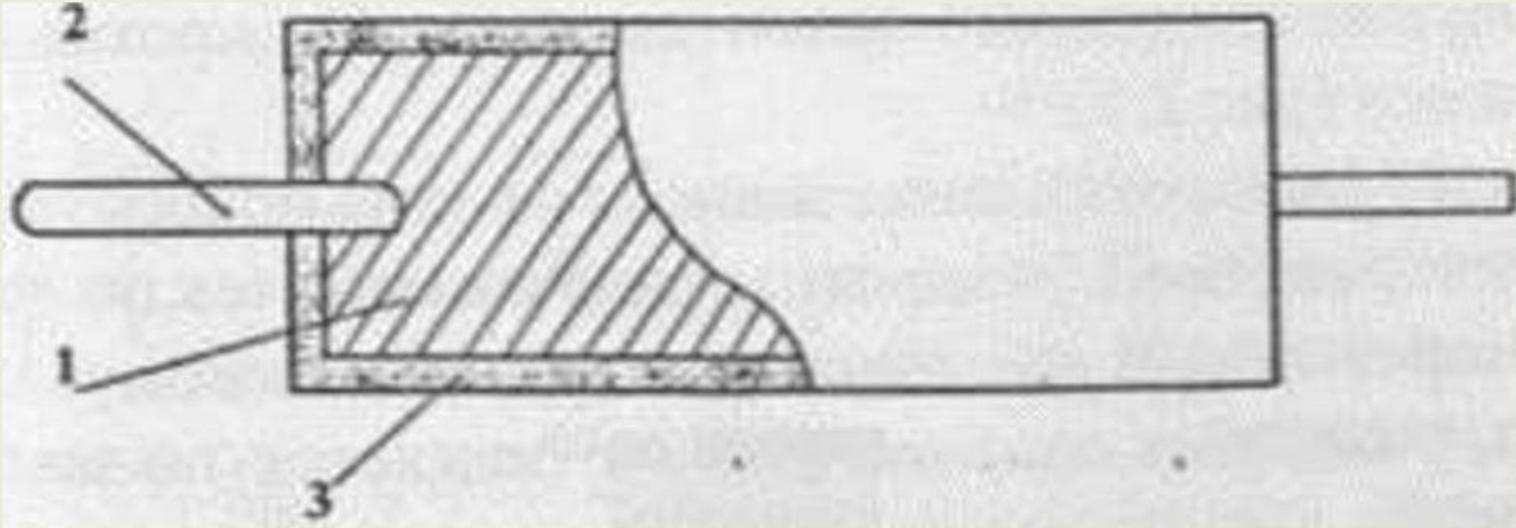


Рис. 3. Конструкция объемного выводного резистора:

1 – токопроводящая композиция;

2 – проволочные выводы;

3 – стеклокерамическая оболочка

Резисторы

Конструкция резисторов

5. Переменный резистор

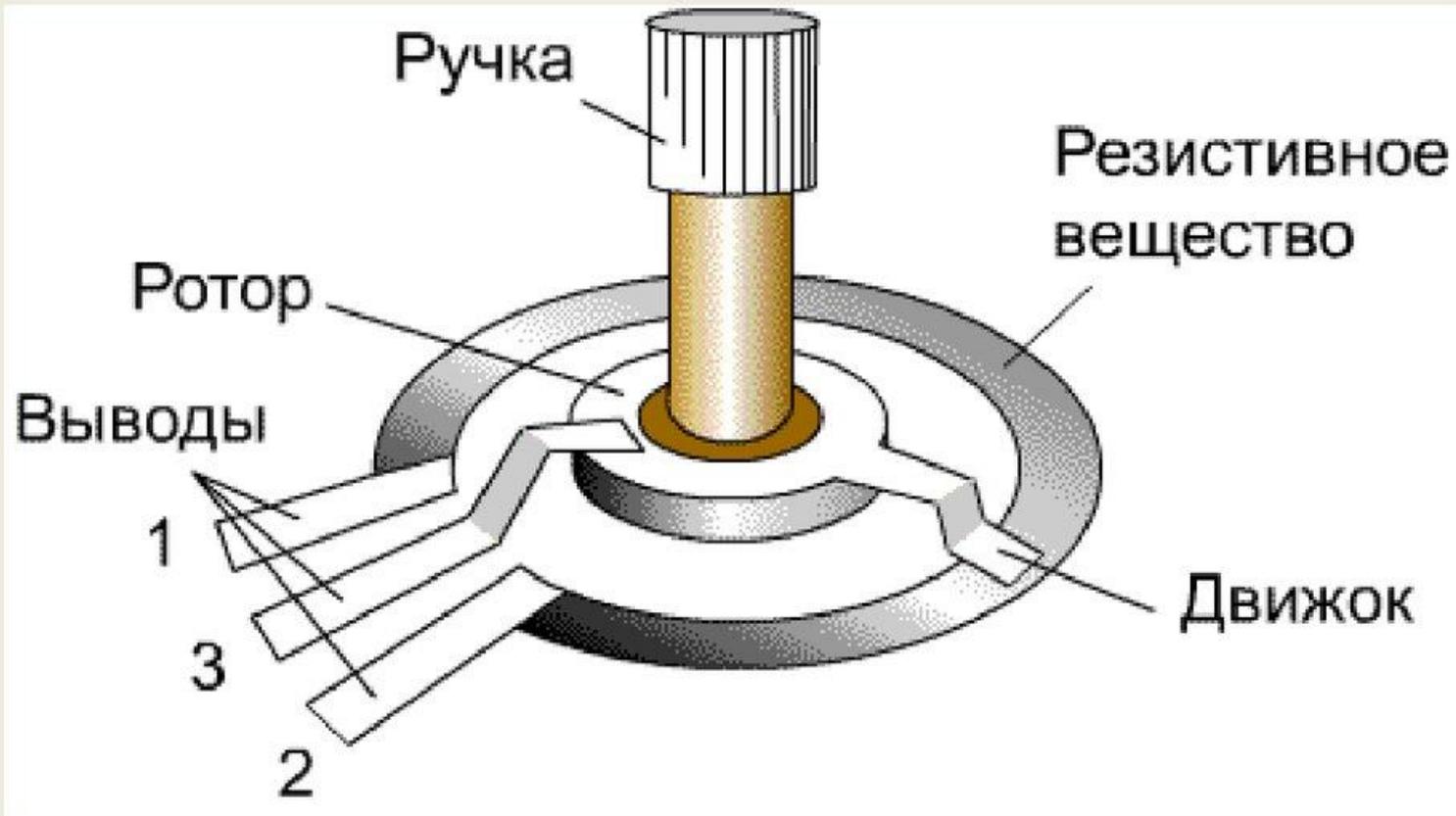


Рис. 5. Конструкция переменного резистора

Резисторы

Эквивалентная схема резистора

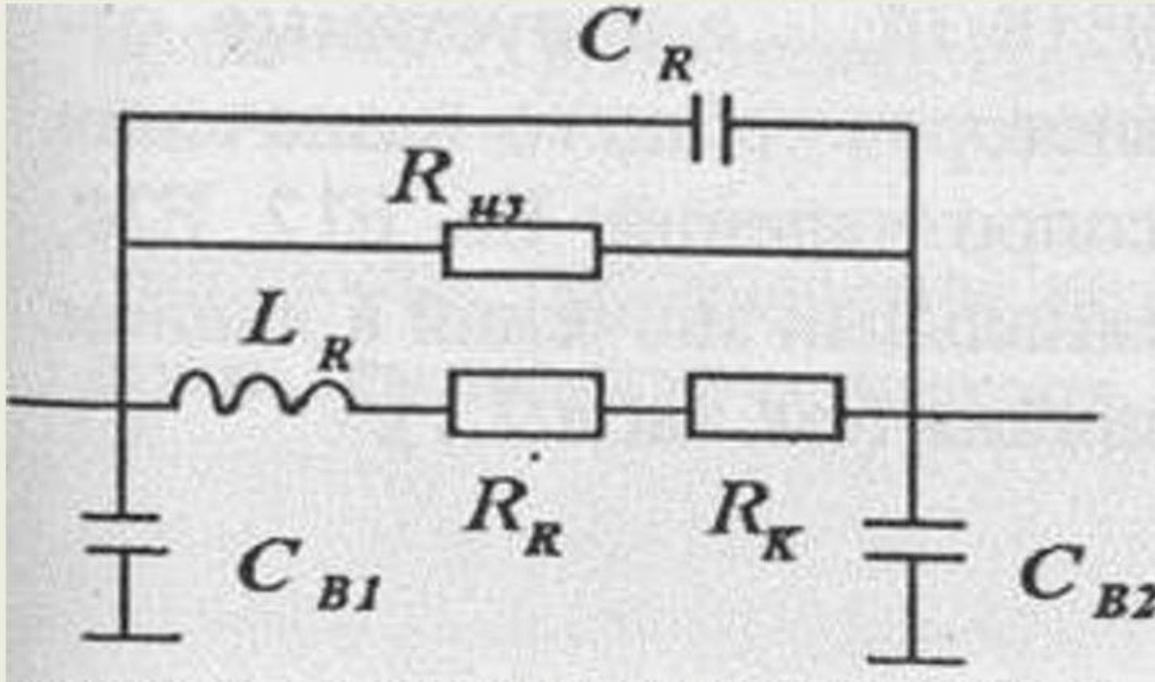


Рис. 6. Эквивалентная схема резистора:

R_R – сопротивление резистивного элемента;

R_K – сопротивление контактов;

$R_{из}$ – сопротивление изоляции;

L_R – эквивалентная индуктивность резистивного слоя и выводов;

C_R – эквивалентная емкость резистора;

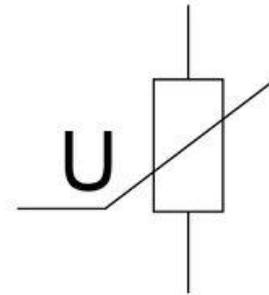
C_{B1}, C_{B2} – емкость выводов

Специальные резисторы

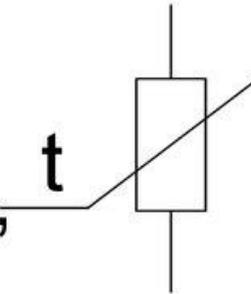


сопротивление нелинейно зависит от внешних факторов:

- величины приложенного напряжения (варисторы),



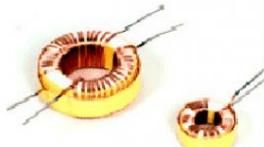
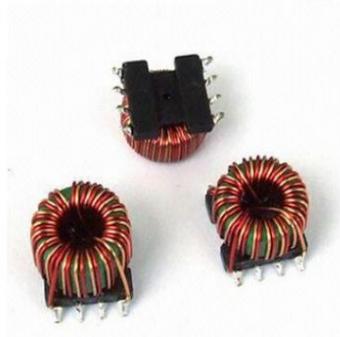
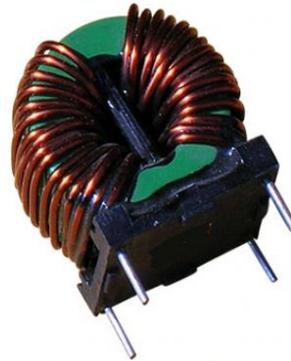
- температуры (терморезисторы),



- освещения (фоторезисторы).

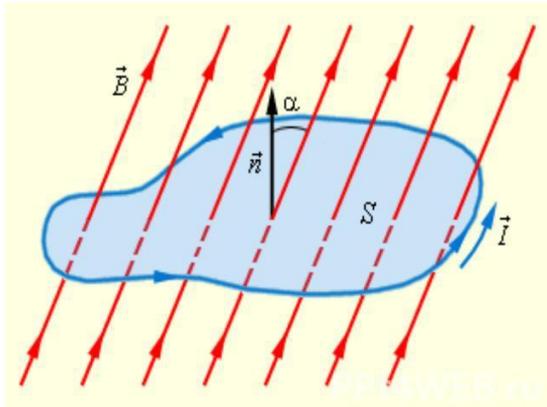
ИНДУКТИВНОСТЬ

Катушки индуктивности



Электромагнитная индукция. Правило Ленца

Электромагнитная индукция - физическое явление, заключающееся в возникновении электрического (индукционного) тока в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.



$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Единица магнитного потока - вебер (1 Вб)

Итак, движущиеся заряды (токи) создают магнитное поле, а движущееся магнитное поле создает (вихревое) электрическое поле и собственно индукционный ток.

Для каждого конкретного случая Фарадей указывал направление индукционного тока.

В 1831 г. русский физик Э.Ленц установил общее правило нахождения направления индукционного тока, которое называется **правилом Ленца**.

Явление самоиндукции Индуктивность

Электрический ток, текущий в любом контуре, создает пронизывающий этот контур магнитный поток ψ . При изменении тока меняется также поток. Контур оказывается в переменном магнитном потоке, и в контуре индуцируется ЭДС. Это явление называется **самоиндукцией**.

В соответствии с законом Био - Савара - Лапласа магнитная индукция B пропорциональна силе тока, вызвавшего поле. Отсюда вытекает, что ток I в контуре и создаваемый им полный магнитный поток Ψ через контур пропорциональны друг другу:

$$\Psi = LI$$

Коэффициент пропорциональности L называется **индуктивностью** контура. Индуктивность зависит от геометрии контура, а также от магнитных свойств окружающей среды.

Единицей индуктивности в СИ является генри (Гн). Индуктивность соленоида, имеющего N витков и площадь сечения A , может быть рассчитана по формуле:

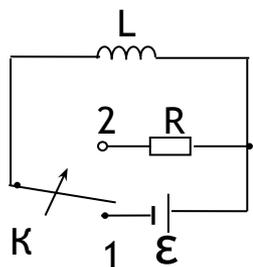
$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l}$$

$$n = \frac{N}{l} \text{ - число витков на единицу длины}$$

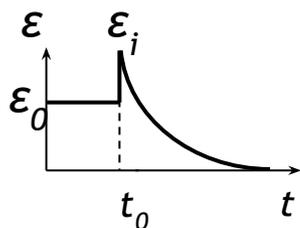
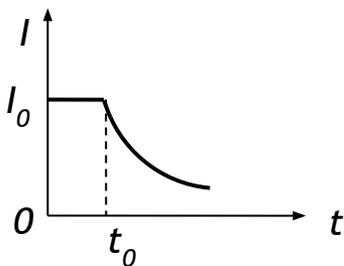
Ток при размыкании цепи

По правилу Ленца токи, возникающие в цепях вследствие самоиндукции, всегда направлены так, чтобы препятствовать изменению тока, текущего в цепи. Это приводит к тому, что установление тока в цепи происходит не мгновенно, а постепенно.

Рассмотрим цепь, содержащую индуктивность L , сопротивление R и источник ЭДС ε .



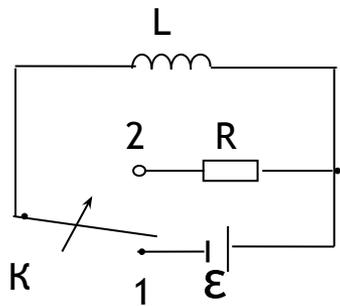
При включении источника (ключ в п.1) в цепи будет течь постоянный ток $I_0 = \varepsilon / R$. В момент времени $t = 0$ отключим источник тока, замкнув одновременно накоротко цепь (ключ в п.2). Как только сила тока в цепи начнет убывать, возникнет ЭДС самоиндукции, противодействующая этому убыванию. Ток в цепи исчезнет не сразу, а спадает постепенно (рис.). Запишем закон убывания тока при размыкании цепи, содержащей индуктивность



$$I = I_0 \exp\left(-\frac{R}{L} \cdot t\right).$$

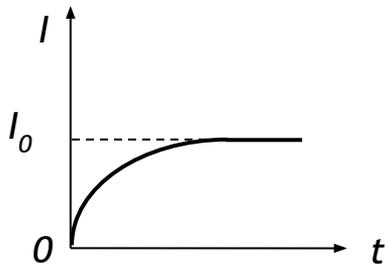
Если просто разорвать цепь с большой индуктивностью, возникающее высокое индуцированное напряжение создаст искру или дугу в месте разрыва.

Ток при замыкании цепи



Рассмотрим цепь, содержащую индуктивность L , сопротивление R и источник ЭДС ε .

После подключения источника э.д.с. до тех пор, пока сила тока не достигнет установившегося значения (I_0), в цепи, кроме ε , будет действовать э.д.с. самоиндукции, препятствующая возрастанию тока (согласно правила Ленца). В результате при *включении* источника ток будет медленно нарастать по закону:



$$I = I_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right).$$

$\tau = \frac{L}{R}$ - постоянная, называемая **временем релаксации**

Время релаксации - время, в течение которого сила тока изменяется (уменьшается, увеличивается) в e раз ($e = 2,72$ - основание натурального логарифма).

Катушки индуктивности

- ⊙ Катушка индуктивности – винтовая, спиральная или винтоспиральная катушка из свёрнутого изолированного проводника, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой ёмкости и малом активном сопротивлении.
- ⊙ Катушка индуктивности в электрической цепи постоянного тока обладает постоянным сопротивлением, равным сопротивлению проводника из которого она изготовлена (активное сопротивление).

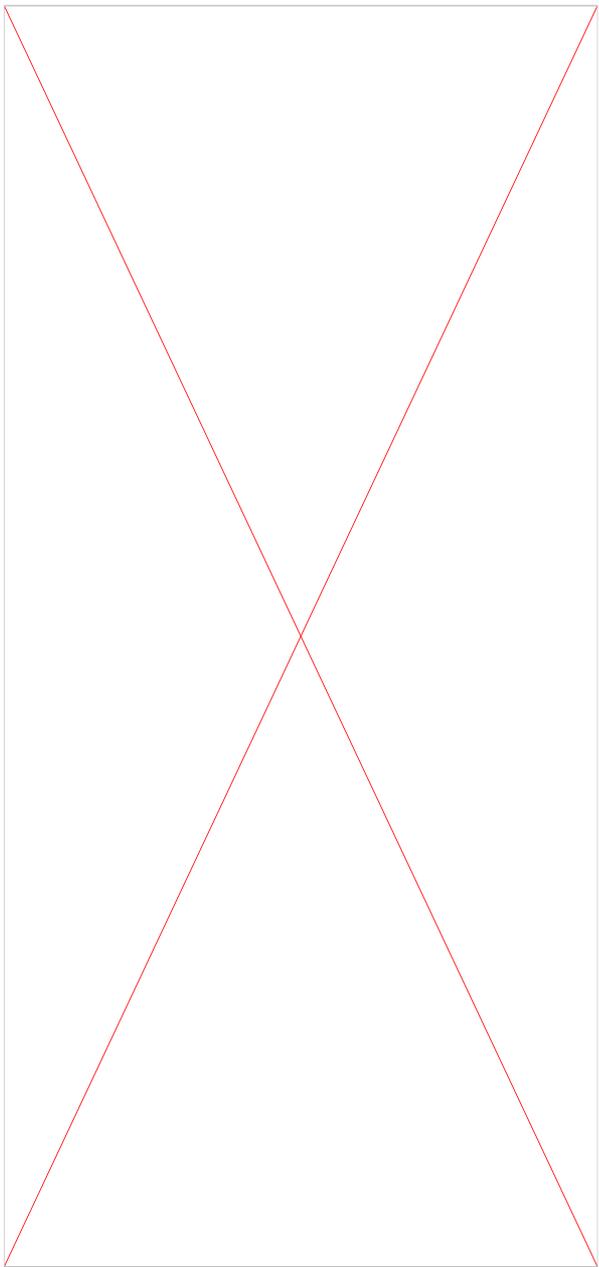


общее
обозначение

РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

- Катушка индуктивности в электрической цепи переменного тока имеет не только собственное омическое сопротивление, но и реактивное сопротивление переменному току, нарастающее при увеличении частоты, поскольку при изменении тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции, препятствующая этому изменению:

$$X_L = \omega L, \quad I = \frac{U}{X_L}$$



- Катушка индуктивности накапливает энергию в магнитном поле.
- При повышении внешней ЭДС катушка препятствует увеличению тока, при снижении ЭДС - поддерживает ток, отдавая накопленную энергию.
- В цепи синусоидального тока, ток в катушке по фазе отстаёт от фазы напряжения на ней на $\pi/2$.

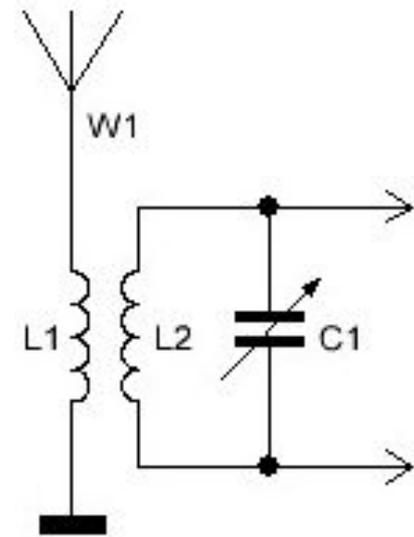
ТЕРМИНОЛОГИЯ

- При использовании для подавления помех, сглаживания пульсаций электрического тока, изоляции по высокой частоте разных частей схемы и накопления энергии в магнитном поле сердечника часто называют **дросселем**.
- В силовой электротехнике (для ограничения тока при, например, коротком замыкании ЛЭП) называют **реактором**.
- Цилиндрическую катушку индуктивности, длина которой намного превышает диаметр, называют **соленоидом**.
- В электромагнитных реле называют **обмоткой реле**, реже – **электромагнитом**.
- В установках индукционного нагрева **нагревательный индуктор**.

Классификация

В зависимости от назначения различают:

- контурные катушки (образующие совместно с конденсаторами колебательный контур);
 - катушки связи (передающие высокочастотные колебания из одной цепи в другую);
- высокочастотные дроссели (катушки индуктивности, преграждающие путь токам высокой частоты).



Классификация

По **конструктивным** признакам катушки могут быть разделены на

- Цилиндрические;
- Спиральные;
- Торoidalные;
- Однослойные, многослойные;
- С сердечником или без сердечника;
- Экранированные;
- С постоянной или переменной индуктивностью.



общее
обозначение



катушка с
сердечником

Индуктивности

Конструкция индуктивностей

1. Соленоидная конструкция

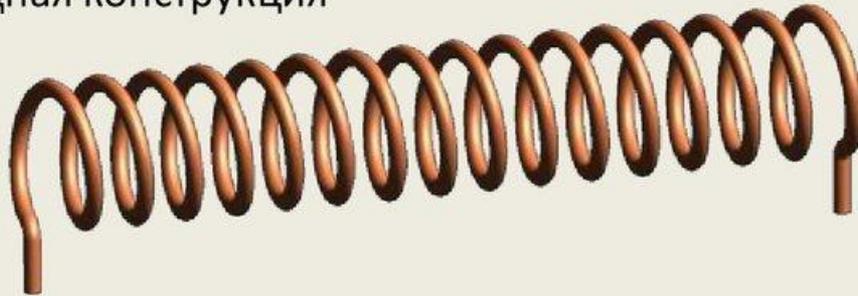


Рис. 16. Соленоидная конструкция индуктивности

2. Торoidalная конструкция



Рис. 17. Торoidalная конструкция индуктивности

Индуктивности

Конструкция индуктивностей

3. ЧИП-индуктивность (безвыводная)



Рис. 18. Конструкция ЧИП-индуктивность

Индуктивности

Конструкция индуктивностей

4. Планарная индуктивность (на печатной плате)

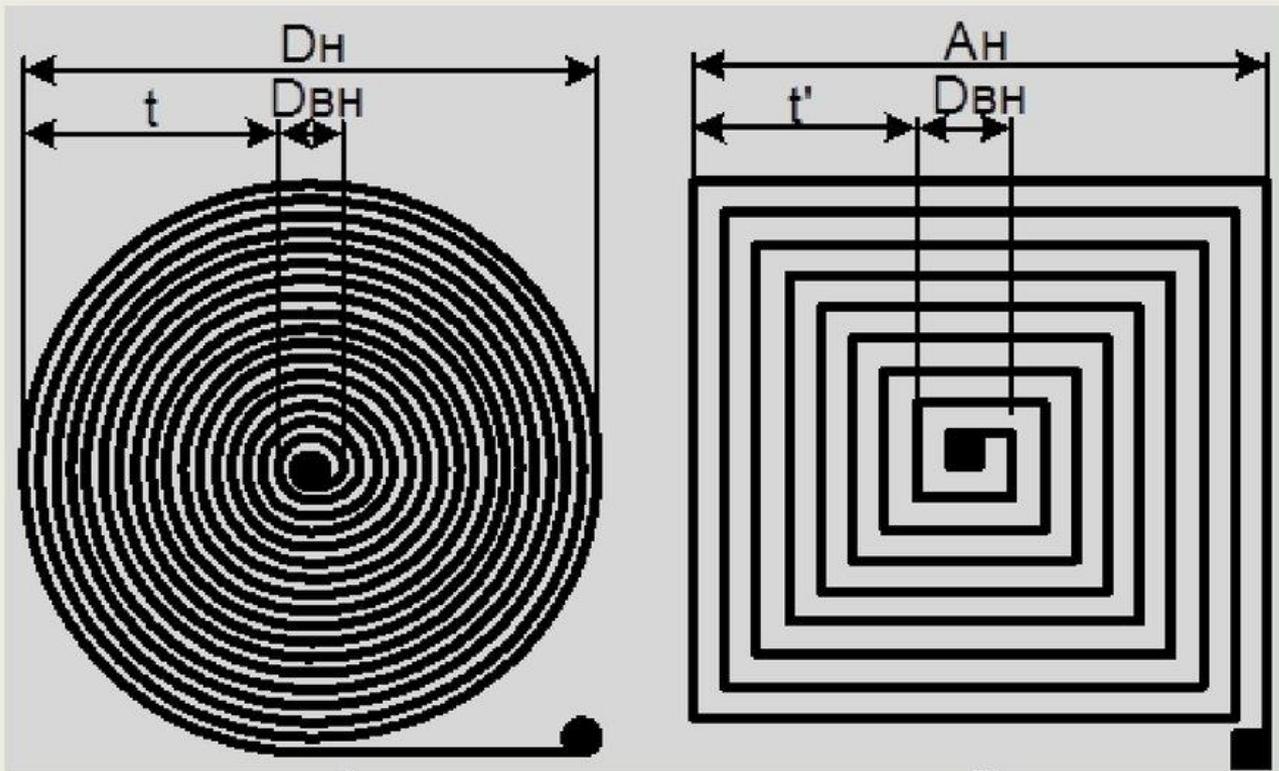
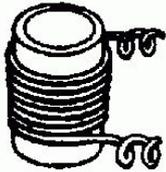


Рис. 19. Конструкция планарной индуктивности

ОБОЗНАЧЕНИЕ

RadioStorage.net

1905 г.



1915 г.



1955 г.



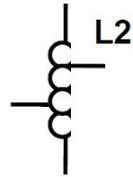
2000 г.



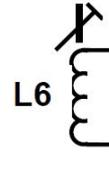
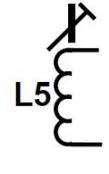
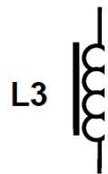
Дроссели имеют такое же графическое изображение, но обозначаются буквами Др.



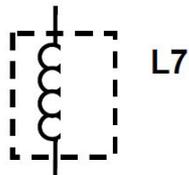
Катушка индуктивности



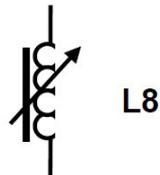
Катушка индуктивности с отводами



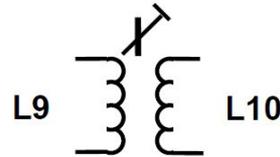
Катушки индуктивности с магнитопроводом (L6 – с медным)



Катушка индуктивности экранированная



Ферровариометр



Индуктивно связанные катушки (ВЧ трансформатор)

Индуктивности

Эквивалентная схема индуктивности

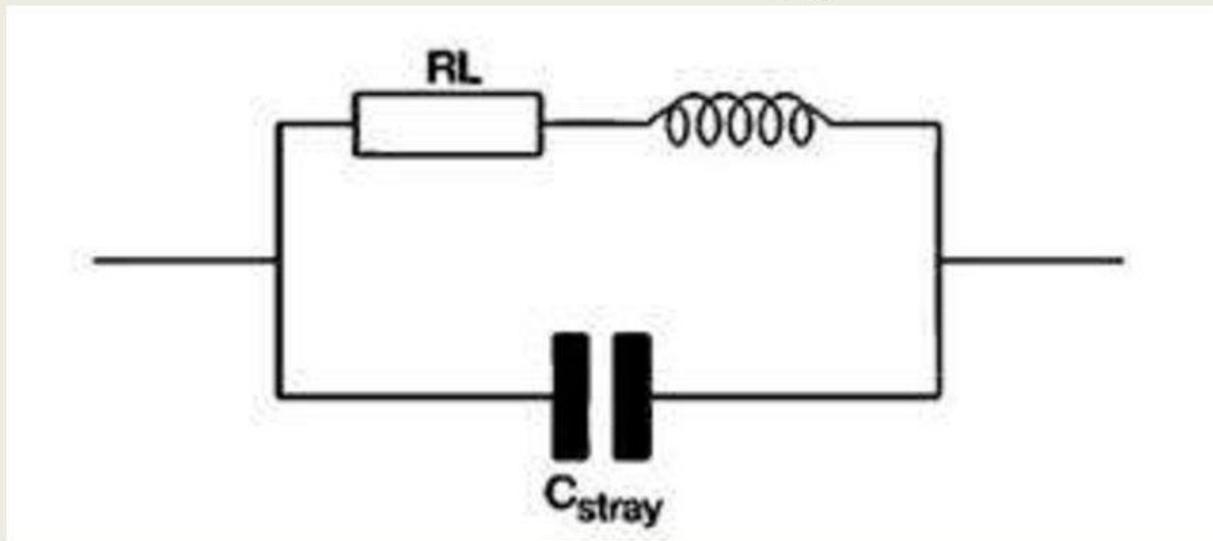
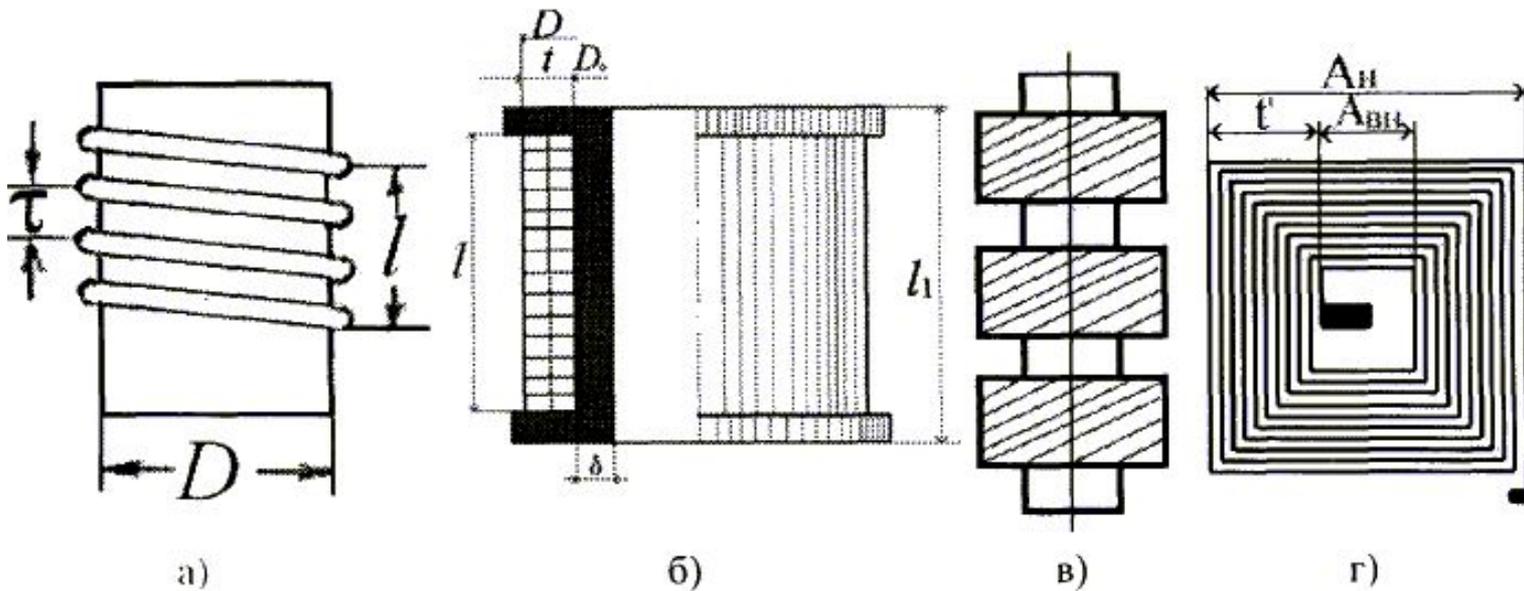


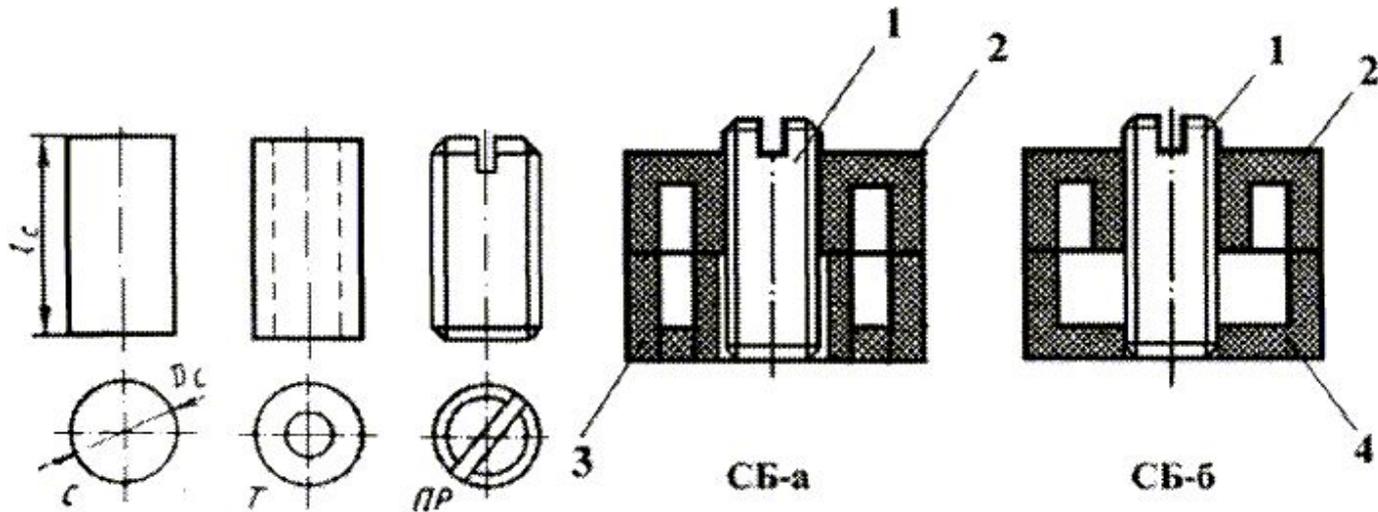
Рис. 20. Эквивалентная схема индуктивности:
 RL – эквивалентное сопротивление катушки и выводов;
 C_{stray} – межвитковая емкость

КОНСТРУКЦИИ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Конструкционной основой катушки индуктивности является диэлектрический каркас, на который наматывается провод в виде спирали. Обмотка может быть как **однослойной** (а), так и **многослойной** (б). В некоторых случаях многослойная обмотка делается **секционированной** (в). В интегральных схемах применяются **плоские спиральные** катушки индуктивности (г).



Для увеличения индуктивности применяют магнитные сердечники. Помещенный внутрь катушки сердечник концентрирует магнитное поле и тем самым увеличивает ее индуктивность. Перемещением сердечника внутри каркаса можно изменять, индуктивность. На рис. представлены три разновидности цилиндрических сердечников: **С** - стержневой, **Т** - трубчатый и **ПР** - построечный резьбовой и две разновидности **броневых**. Броневые сердечники состоят из двух чашек 2, изготовленных из **карбонильного железа** или **ферритов**.



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК

1. Номинальная индуктивность и ее допустимое отклонение характеризует количество энергии магнитного поля, запасаемого катушкой, при протекании по ней электрического тока. Выбирается как и у резисторов в соответствии с ГОСТ 10318-74 и ГОСТ 9664 -74.
- ▶ Единица измерения индуктивности - генри (Гн) и ее доли: милли-генри ($\text{мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$) и микрогенри ($\text{мкГн} = 10^{-6}$).
 - ▶ В радиотехнической аппаратуре используются высокочастотные катушки с индуктивностью от долей мкГн до десятков мГн.
 - ▶ Индуктивность катушки зависит от ее формы, размеров и числа витков, а также от свойств сердечника или экрана.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК

2. **Добротность** - отношение реактивного сопротивления катушки к ее активному сопротивлению потерь:

$$Q_L = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{r},$$

где r - эквивалентное сопротивление потерь в катушке на частоте f .

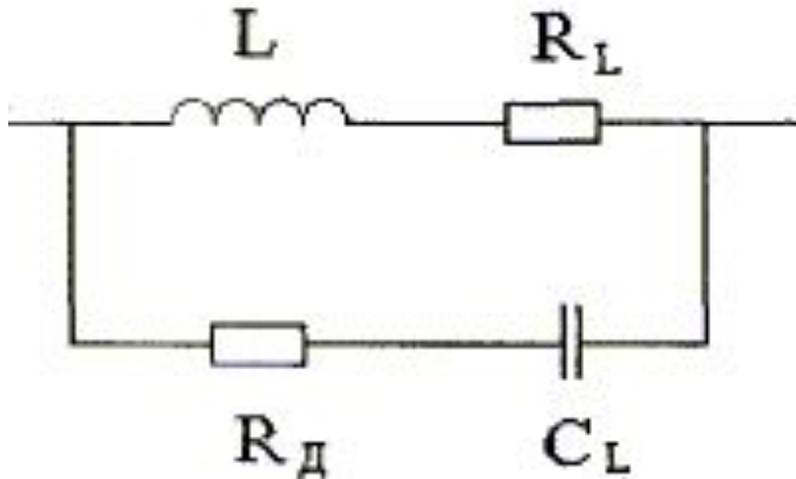
По аналогии с конденсаторами потери энергии в катушках индуктивности можно выразить **тангенсом угла потерь**.

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{r}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{1}{Q}.$$

В большинстве радиотехнических устройств используют катушки с добротностью от 40 до 200.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК

3. Собственная емкость является паразитным (побочным) параметром катушки индуктивности, она увеличивает потери, уменьшает стабильность, коэффициент перестройки контура по частоте.



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК

4. Температурный коэффициент индуктивности характеризует относительное изменение индуктивности катушки при изменении температуры на 1 °С:

$$\text{ТКИ} = \alpha_L = \frac{\Delta L}{L(T_0) \times \Delta T}.$$

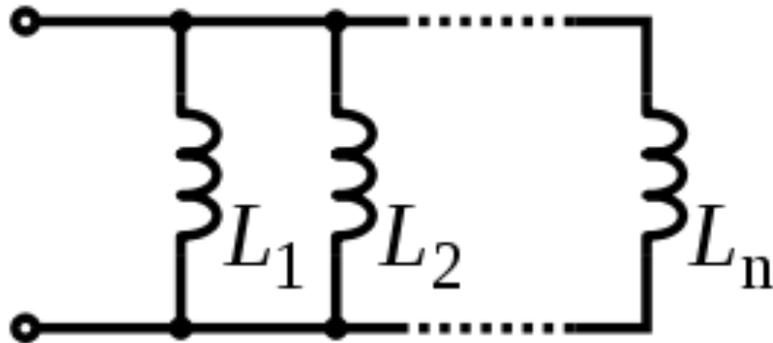
Обычные цилиндрические катушки имеют ТКИ = 30...50·10⁻⁶ 1/°С, а катушки с керамическим каркасом - 8...16·10⁻⁶ 1/°С.

Стабильность параметров катушек индуктивности зависит также от влажности, величины атмосферного давления и т.п.



$$L_{\text{eq}} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

Параллельное соединение



$$\frac{1}{L_{\text{eq}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК

Индуктивность прямолинейного провода с круглым сечением.

$$L = 5.081 \left(\ln \frac{4l}{d} - 1 \right)$$

где [l] = см - длина провода; [d] = см - диаметр провода без изоляции.

Индуктивность круглого витка из провода круглого сечения.

$$L_{\text{кр}} = 0,00628D \left(\ln \frac{8D}{d} - 1,75 \right),$$

где [D] = см - диаметр витка.

Используют для оценки индуктивности рамочных (резонансных) антенн, катушек связи и т.п.

Индуктивность катушки с воздушным сердечником:

$$L = \frac{r^2 N^2}{9r + 10l}$$

где L = индуктивность в мкГн; r = внешний радиус катушки; l = длина катушки; N = число витков.

РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК

Индуктивность многослойной катушки с воздушным сердечником:

$$L = \frac{0.8r^2 N^2}{6r + 9l + 10d}$$

где L = индуктивность в мкГн; r = средний радиус катушки; l = длина катушки; N = число витков; d = глубина катушки.

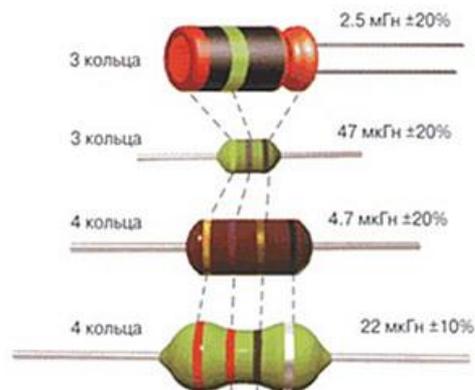
Индуктивность плоской катушки:

$$L = \frac{r^2 N^2}{6r + 11d}$$

где L = индуктивность в мкГн; r = средний радиус катушки; N = число витков; d = глубина катушки.

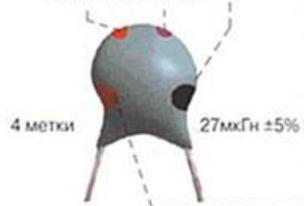
МАРКИРОВКА КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Цветное кольцо, обозначающее первую цифру номинала, может быть шире, чем все остальные.



Серебряный	0.01	10%		
Золотой	0.1	5%		
Черный	0	1	20%	
Коричневый	1	1	10	Допуск
Красный	2	2	100	
Оранжевый	3	3	1000	
Желтый	4	4	Множитель	
Зеленый	5	5		
Голубой	6	6		
Фиолетовый	7	7		
Серый	8	8		
Белый	9	9		

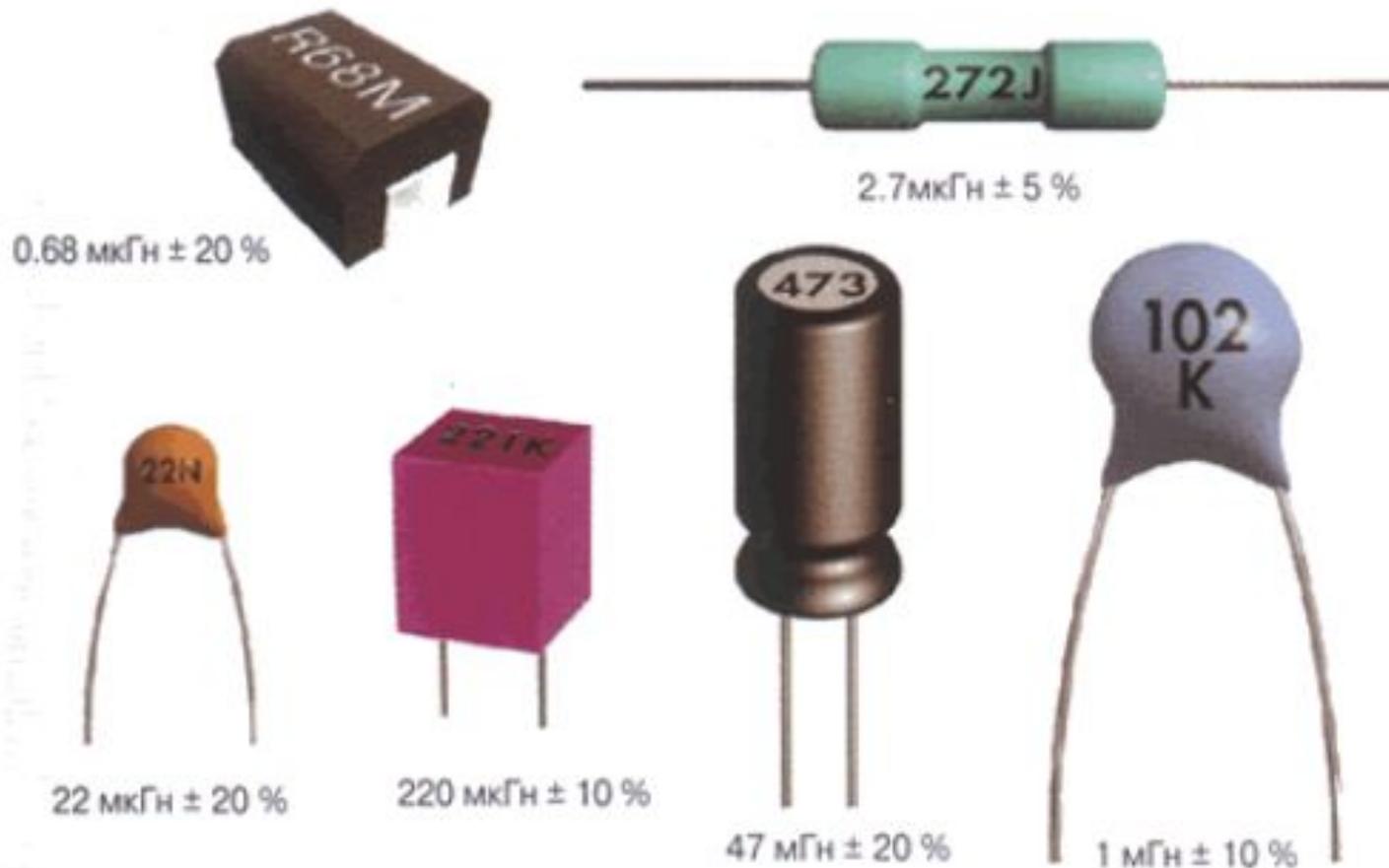
1-я цифра 2-я цифра



Применяется два вида кодирования:

1. Первые две цифры указывают значение в микрогенри (мкГн, μH), последняя — количество нулей. Следующая за цифрами буква указывает на допуск. Например, код 101J обозначает 100 мкГн $\pm 5\%$. Если последняя буква не указывается — допуск 20%. Исключения: для индуктивностей меньше 10 мкГн роль десятичной запятой выполняет буква R, а для индуктивностей меньше 1 мкГн — буква N.

Допуск: D= $\pm 0.3\text{нГн}$; J= $\pm 5\%$; K= $\pm 10\%$; M= $\pm 20\%$



Примеры обозначений:

2N2D - 2,2 нГн $\pm 0,3$ нГн
22N - 22 нГн
R10M - 0,10 мкГн $\pm 20\%$
R15M - 0,15 мкГн $\pm 20\%$
R22M - 0,22 мкГн $\pm 20\%$
R33M - 0,33 мкГн $\pm 20\%$
R47M - 0,47 мкГн $\pm 20\%$
R68M - 0,47 мкГн $\pm 20\%$
1R0K - 1,2 мкГн $\pm 20\%$

1R0K - 1,2 мкГн $\pm 10\%$
2R2K - 2,2 мкГн $\pm 10\%$
3R3K - 3,3 мкГн $\pm 10\%$
4R7K - 4,7 мкГн $\pm 10\%$
6R8K - 6,8 мкГн $\pm 10\%$
100K - 10 мкГн $\pm 10\%$
150K - 15 мкГн $\pm 10\%$
220K - 22 мкГн $\pm 10\%$
330K - 33 мкГн $\pm 10\%$

470K - 47 мкГн $\pm 10\%$
680K - 68 мкГн $\pm 10\%$
101K - 100 мкГн $\pm 10\%$
151K - 150 мкГн $\pm 10\%$
221K - 220 мкГн $\pm 10\%$
331K - 330 мкГн $\pm 10\%$
471J - 470 мкГн $\pm 10\%$
681J - 680 мкГн $\pm 10\%$
102 - 1000 мкГн $\pm 10\%$

2. Индуктивности маркируются непосредственно в микрогенри (мкГн, μH). В таких случаях маркировка 680K будет означать не 68 мкГн $\pm 10\%$, как в случае А, а 680 мкГн $\pm 10\%$.



ПРИМЕНЕНИЕ

- ▶ Для построения различных цепей с частотно-зависимыми свойствами, в частности, фильтров, цепей обратной связи, колебательных контуров и т.п.
- ▶ Две и более индуктивно связанные катушки образуют трансформатор.
- ▶ В качестве электромагнитов.
- ▶ Для радиосвязи – приёма электромагнитных волн.
- ▶ В индукционных печах.
- ▶ Как датчик перемещения: изменение индуктивности катушки может изменяться в широких пределах при перемещении ферро магнитного сердечника относительно обмотки.
- ▶ Катушка индуктивности используется в индукционных датчиках магнитного поля.
- ▶ В динамиках и микрофонах.

ПРИ ВЫБОРЕ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ФАКТОРЫ:

- номинальные значения индуктивности;
- габариты и требования к монтажу;
- добротность;
- частотный диапазон;
- наличие или отсутствие сердечника;
- уровень постоянного тока и амплитуду переменного тока в катушках с железным сердечником;
- влияние паразитной емкости и собственную резонансную частоту;
- для связанных катушек: соотношение количества витков, взаимную индуктивность и емкостную связь между витками;
- воздействие окружающей среды: температуру, влажность, ударную нагрузку, вибрацию, изоляцию, перепады температуры;
- рассеиваемую мощность;
- экранирование;
- фиксированная или переменная индуктивность.

Конденсаторы



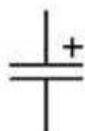
КОНДЕНСАТОРЫ

- Конденсатор — это элемент электрической цепи, состоящий из проводящих электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и предназначенный для использования его электрической емкости.
- Емкость конденсатора есть отношение заряда конденсатора к разности потенциалов, которую заряд сообщает конденсатору.

Благодаря свойству быстро накапливать и отдавать электрическую энергию

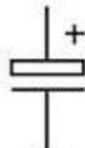
Конденсаторы УГО конденсаторов

Конденсатор
постоянной емкости

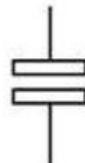


поляризованный

Конденсатор
электролитический

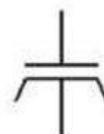


поляризованный



неполяризованный

Конденсатор
постоянной емкости



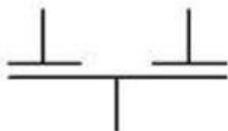
с обозначенным
внешним электродом

Конденсатор
опорный



нижняя обкладка соединена
с корпусом (шасси) прибора

Конденсатор
постоянной емкости



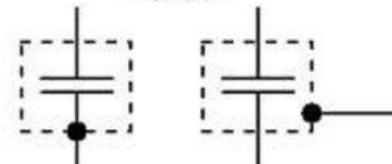
двухсекционный

Конденсатор проходной



дуга обозначает наружную обкладку (корпус)

Конденсатор в экранирующем
корпусе



По характеру изменения емкости

конденсаторы
постоянной емкости

Емкость постоянных конденсаторов является фиксированной, в процессе эксплуатации не регулируется.

подстроечные
конденсаторы

Емкость подстроечных конденсаторов изменяется при разовой или периодической регулировке и не изменяется в процессе функционирования аппаратуры.

конденсаторы
переменной емкости

Конденсаторы переменной емкости допускают изменение емкости в процессе функционирования аппаратуры.

Подстроечные конденсаторы используют для подстройки и выравнивания начальных емкостей сопрягаемых контуров, для периодической подстройки и регулировки цепей, где требуется незначительное изменение емкости.

Управление емкостью может осуществляться механически, электрическим напряжением (вариконды) и температурой (термоконденсаторы). Такие конденсаторы применяют для плавной настройки колебательных контуров и в цепях автоматики.

По способу защиты от внешних воздействующих факторов

незащищенные

(допускают эксплуатацию при повышенной влажности только, в составе герметизированной аппаратуры)

защищенные

неизолированные с покрытием или без покрытия

изолированные (с изоляционным покрытием)

уплотненные органическими материалами

герметизированные

(с помощью керамических и металлических корпусов или стеклянных колб, что исключает взаимодействие внутреннего пространства с окружающей средой.)

В зависимости от способа монтажа

для печатного
монтажа

для навесного
монтажа

в составе микромодулей
и микросхем

Использование конденсаторов в конкретных цепях аппаратуры (низковольтные, высоковольтные, низкочастотные, высокочастотные, импульсные, пусковые, полярные, неполярные, помехоподавляющие, дозиметрические, нелинейные и др.) зависит от вида использованного в них диэлектрика.

По назначению

Общего назначения

обычно низковольтные, без
специальных требований

Специального
назначения

По виду диэлектрика

Конденсаторы с жидким диэлектриком

Конденсаторы с газообразным диэлектриком

Конденсаторы вакуумные

Твердотельные конденсаторы

Конденсаторы с твёрдым органическим диэлектриком

Конденсаторы с твёрдым неорганическим диэлектриком

Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы

Конденсаторы для гибридных микросхем

Конденсаторы с оксидным диэлектриком

Условные обозначения конденсаторов

Сокращенное условное обозначение конденсаторов состоит из следующих элементов:

первый элемент — буква или сочетание букв, обозначающих конденсатор (К — конденсатор постоянной емкости; КТ — подстроенный конденсатор; КП — конденсатор переменной емкости; КС — конденсаторные сборки);

второй элемент — число, обозначающее используемый вид диэлектрика;

третий элемент — порядковый номер разработки конкретного типа.

*Пример сокращенного условного обозначения: **К75-10** соответствует комбинированному конденсатору, номер разработки 10.*

Полное условное обозначение конденсаторов

первый элемент — сокращенное обозначение;

второй элемент — обозначения и значения основных параметров и характеристик, необходимых для заказа и записи в конструкторской документации (вариант конструктивного исполнения, номинальное напряжение, номинальная емкость, допускаемое отклонение емкости, группа и класс по температурной стабильности);

третий элемент — обозначение климатического исполнения, четвертый элемент — обозначение документа на поставку (ТУ, ГОСТ).

Пример полного условного обозначения:

K75-10-250 В= 1,0 мкФ±5%=2=ОЖО.

484.465 ТУ соответствует комбинированному конденсатору K75-10 с номинальным напряжением 250 В, номинальной емкостью 1,0 мкФ и допустимым отклонением по емкости ±5%, всеклиматического исполнения В.

Сокращенные условные обозначения и области применения конденсаторов

ласти

Конденсаторы постоянной емкости

K10

Керамические на
номинальные напряжения
ниже 1600 В

Для высокочастотных конденсаторов:
термокомпенсация, емкостная связь,
фиксированная настройка контуров на
высокой частоте.

Для низкочастотных конденсаторов:
шунтирующие, блокирующие и фильтровые
цепи, связь между каскадами на низкой
частоте

K15

Керамические на
номинальные напряжения
1600 В и выше

Емкостная связь, фиксированная настройка
мощных высокочастотных контуров,
импульсные устройства

Конденсаторы постоянной емкости

K21	Стеклянные	Блокировка, фиксированная настройка
K22	Стеклокерамические	высокочастотных контуров, емкостная связь,
K23	Стеклоэмалевые	шунтирующие цепи
K31	Слюдяные малой мощности	Блокировочные и шунтирующие,
K32	Слюдяные большой мощности	высокочастотные фильтровые цепи, емкостная связь, фиксированная настройка контуров
K40	Бумажные на номинальное напряжение ниже 1600 В с фольговыми обкладками	Блокировочные, буферные, шунтирующие, фильтровые цепи, емкостная связь
K41	Бумажные на номинальное напряжение 1600 В и выше с фольговыми обкладками	Блокировочные, буферные, шунтирующие, фильтровые цепи. емкостная связь
K42	Бумажные с металлизированными обкладками (металлобумажные)	Цепи развязок и фильтры; в качестве емкостей связи не применяются

Конденсаторы постоянной емкости

K50	Электролитические алюминиевые	Шунтирующие и фильтровые цепи, накопление энергии в импульсных устройствах
K51	Электролитические танталовые фольговые	Применяются в тех же цепях, что и электролитические алюминиевые, в основном в транзисторной аппаратуре с
K52	Электролитические танталовые объемно-пористые	повышенными требованиями к параметрам конденсаторов
K53	Оксидно-полупроводниковые	
K60 K61	Воздушные Газообразные	Образцовые эталоны емкости, высоковольтные блокировочные, развязывающие, контурные конденсаторы

Конденсаторы постоянной емкости

K70	Полистирольные с фольговыми обкладками	Точные временные цепи, интегрирующие устройства, настроенные контура высокой добротности, образцовые
K71	Полистирольные с металлизированными обкладками	
K72	Фторопластовые	В тех же цепях, что и полистирольные при повышенных температурах и жестких требованиях к электрическим параметрам
K73	Полиэтилентерефталатные с металлизированными обкладками	В тех же цепях, что и бумажные конденсаторы при повышенных требованиях к электрическим параметрам
K74	Полиэтилентерефталатные с фольговыми обкладками	
K75	Комбинированные	В тех же цепях, что и бумажные конденсаторы при повышенных требованиях к надежности

Конденсаторы постоянной емкости

K76	Лакопленочные	Частично могут заменять электролитические конденсаторы (особенно при повышенных значениях переменной составляющей). Применяются в тех же цепях, что и бумажные, металобумажные и электролитические конденсаторы
K77	Поликарбонатные	В тех же цепях, что и конденсаторы K73, но при более высоких частотах
K78	Полипропиленовые	В телевизионной и бытовой аппаратуре

Конденсаторы подстроечные

КТ1	Вакуумные	В специальной аппаратуре
КТ2	С воздушным диэлектриком	В радиоприемной аппаратуре
КТ3	С газообразным диэлектриком	В специальной аппаратуре
КТ4	С твердым диэлектриком	В радиоприемной и телевизионной аппаратуре



Конденсаторы переменной емкости

КП1	Вакуумные	В специальной аппаратуре
КП2	С воздушным диэлектриком	В радиоприемной аппаратуре
КП3	С газообразным диэлектриком	В специальной аппаратуре
КП4	С твердым диэлектриком	В радиоприемной и телевизионной аппаратуре

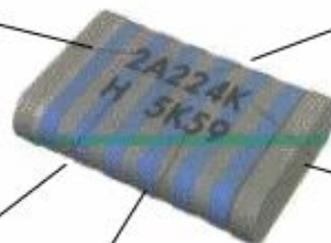
РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

0E – 2.5 В	1V – 35
0G – 4 В	1H – 50 В
0J – 7 В	1J – 63 В
1A – 10 В	2A – 100 В
1C – 16 В	2E – 250 В
1D – 20 В	2G – 400 В
1E – 25 В	2J – 630 В

ТЕМПЕРАТУРА ПАЙКИ

G – 250 °C/5с
H – 260 °C/5с
J – 260 °C/10с

СЛУЖЕБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ЕМКОСТЬ

Первые две цифры указывают значение емкости в пикофарадах (пФ), третья – количество нулей.
224=22 0000 пФ=0.22 мкФ

ДОПУСК

J – ± 5 %
K – ± 10 %
M – ± 20 %

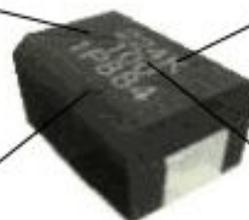
Конденсатор
серии MMX-E
0.22 мкФ ± 10 %,
100 В

ЁМКОСТЬ

0.22 мкФ

ДОПУСК

± 10 %



СЛУЖЕБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

100 В

Номинальная емкость — емкость конденсатора, обозначенная а корпусе или в сопроводительной документации. Номинальные значения емкости стандартизованы.

Международной электротехнической комиссией (МЭК) установлено семь предпочтительных рядов для значений номинальной емкости: E3; E6; E12; E24; E48; E96; E192.

Цифры после буквы E указывают на число номинальных значений в каждом десятичном интервале (декаде), которые соответствуют числам 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 или числам, полученным путем их умножения и деления на 10^n , где n — целое положительное или отрицательное число.

В производстве конденсаторов чаще всего используются ряды E3, E6, E12, E24, реже E48, E96 и E192.

В условном обозначении номинальная емкость указывается в виде конкретного значения, выраженного в пикофарадах (пФ) или микрофарадах (мкФ).

Фактическое значение емкости может отличаться от номинального на величину допускаемого отклонения в процентах. Допускаемые отклонения кодируются соответствующими буквами.

Допускаемые отклонения емкости от номинального значения

					Код
$\pm 0,1$	В(Ж)	± 10	К(С)	-20...+50	S(Б)
$\pm 0,2$	С(У)	± 20	М(В)	-20...+80	Z(А)
$\pm 0,5$	D(Д)	± 30	N(Ф)	$\pm 0,1$	В
± 1	F(Р)	-10...+30	О	$\pm 0,25$	С
± 2	G(Л)	-10...+50	T(Э)	$\pm 0,5$	D
± 5	J(И)	-10...+100	Y(Ю)	± 1	F

В скобках указано старое обозначение.

Номинальное напряжение

Номинальное напряжение — напряжение, обозначенное на конденсаторе (или указанное в документации), при котором он может работать в заданных условиях в течение срока службы с сохранением параметров в допустимых пределах.

Номинальное напряжение зависит от конструкции конденсатора и свойств применяемых материалов. При эксплуатации напряжение на конденсаторе не должно превышать номинальное.

Для многих типов конденсаторов с увеличением температуры (обычно 70...85 °С) допустимое напряжение снижается.

Для конденсаторов с номинальным напряжением до 10 кВ номинальные напряжения устанавливаются из ряда (ГОСТ 9665—77): 1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 350; 400; 450; 500; 630; 800; 1000; 1600, 2000; 2500; 3000; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000 В.

Испытательное напряжение – максимальное напряжение, при котором конденсатор может находиться без пробоя небольшой промежуток времени (от единиц секунд до единиц минут). По отношению к номинальному испытательное напряжение $U_{\text{ИСП}} = 2U_{\text{НОМ}}$ для слюдяных и стеклянных конденсаторов; для керамических и бумажных $U_{\text{ИСП}} = (2...3)U_{\text{НОМ}}$; для металлобумажных $U_{\text{ИСП}} = (1,5...2)U_{\text{НОМ}}$.

Пробивное напряжение – минимальное напряжение, при котором происходит электрический пробой конденсатора при быстром испытании. Обычно превышает номинальное в 1,5 – 3 раза.

Сопротивление изоляции – сопротивление конденсатора постоянному току.

Постоянная времени конденсатора – произведение сопротивления изоляции и емкости конденсатора $\tau_c = R_{\text{из}} C$ τ_c – является основной характеристикой качества конденсатора на постоянном токе. Размерность $[\tau_c] = \text{с}$ (секунды). Для различных типов конденсаторов τ_c может составлять от нескольких минут до нескольких суток и характеризует время, в течение которого напряжение на конденсаторе уменьшается в e раз (или до 37% от начального значения).

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ)

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ). Этот параметр применяется для характеристики конденсаторов с линейной зависимостью емкости от температуры. Он определяет относительное изменение емкости (в миллионных долях) от температуры при изменении ее на 1 °С.

Значения ТКЕ керамических конденсаторов и их кодированные обозначения приведены в таблице.

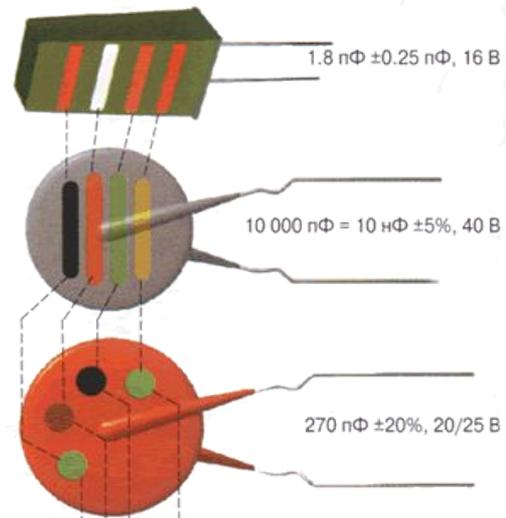
	Номинальное значение ТКЕ, $\times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$	Цветовой код
П100(120)	+100 (+120)	Красный+фиолетовый
П60	+60	-
П33	+33	Серый
МПО	0	Черный
М333	-33	Коричневый
М47	-47	Голубой+красный
М75	-75	Красный
М150	-150	Оранжевый
М220	-220	Желтый
М330	-330	Зеленый

	Номинальное значение ТКЕ, $\times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$	Цветовой код
M470	-470	Голубой
M750(M700)	-750 (700)	Фиолетовый
M1500(M1300)	-1500 (-1300)	Оранжевый + Оранжевый
M2200	-2200	Желтый + Оранжевый

Когда для обозначения группы ТКЕ требуются два цвета, второй цвет может быть представлен цветом корпуса.

Слюдяные и полистирольные конденсатора имеют ТКЕ в пределах $(50 \dots 200) \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, поликарбонатные $\pm 50 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

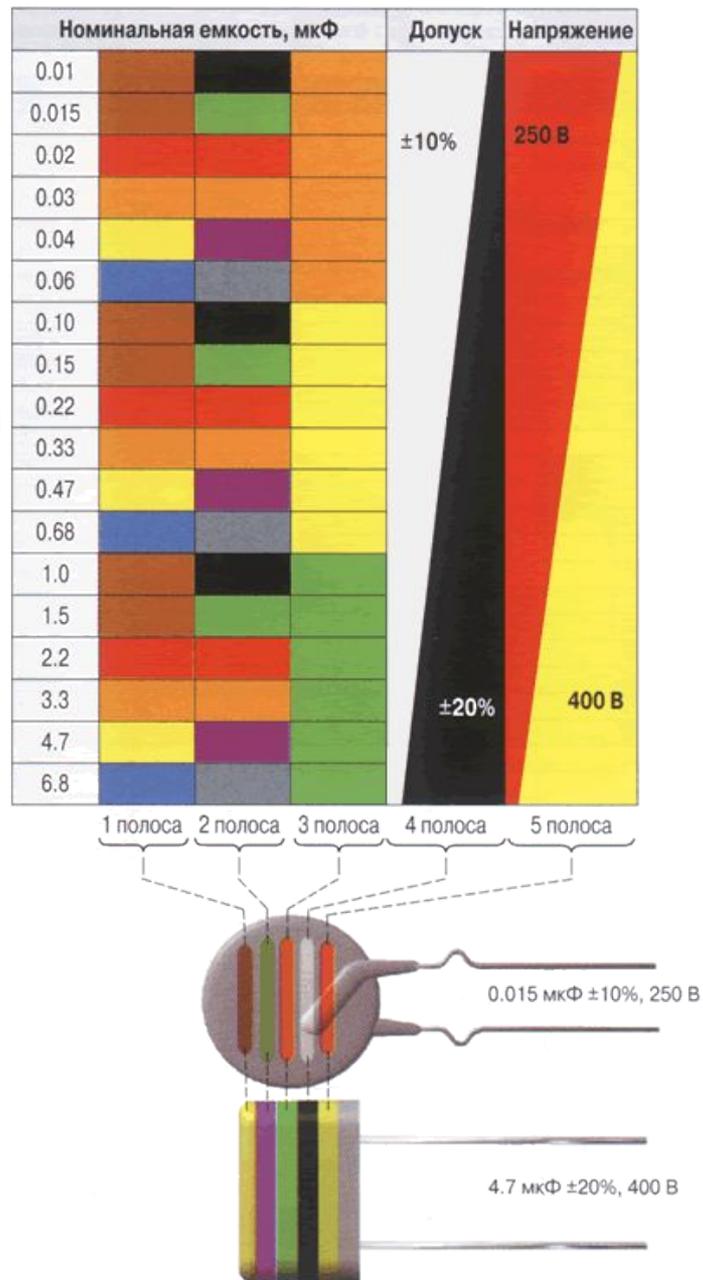
Для конденсаторов с другими видами диэлектрика ТКЕ не нормируется.



Черный	10	1	20%	4
Коричневый	12	10	1%	6.3
Красный	15	100	2%	10
Оранжевый	18	10^3	0.25 пФ	16
Желтый	22	10^4	0.5 пФ	40
Зеленый	27	10^5	5%	20/25
Голубой	33	10^6	1%	30/32
Фиолетовый	39	10^7	-20...+50%	
Серый	47	0.01	-20...+80%	3.2
Белый	56	0.1	10%	63
Серебряный	68			2.5
Золотой	82		5%	1.6

Цвет 1-я и 2-я Множитель Допуск Напряжение
 цифры
 пФ

Для маркировки пленочных конденсаторов используют 5 цветных полос или точек: Первые три кодируют значение номинальной емкости, четвертая — допуск, пятая — номинальное рабочее напряжение.



Емкость пленочного конденсатора

$$C = \frac{0,885 \varepsilon_r S}{d} = C_0 S$$

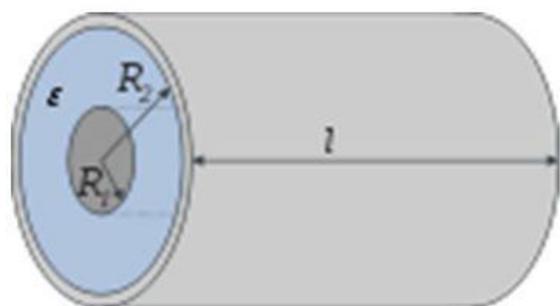
- S - площадь взаимного перекрытия обкладок, см²;
- ε_r - относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;
- d - толщина диэлектрика, см;
- C_0 - удельная емкость, пФ/см². Определяется диэлектрической проницаемостью применяемых материалов ($\varepsilon_r \approx 3 \dots 25$) и толщиной диэлектрика d .

ТОЛЩИНА ДИЭЛЕКТРИКА

- ◉ Выбирается из условия обеспечения заданного рабочего напряжения U_p :

$$d = \frac{K_z \cdot U_p}{E_{пр}}$$

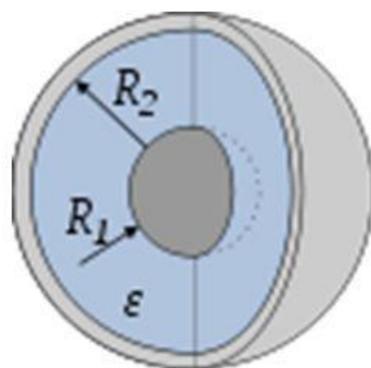
- $K_z = 3 \dots 10$ – коэффициент запаса;
- $E_{пр}$ – напряжение пробоя. Для большинства диэлектрических материалов $E_{пр} = (1 \dots 9) 10^6$ В/см



Електроемкости Других Конденсаторов.

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon \frac{L}{\ln R_2 / R_1}$$

(цилиндрический конденсатор).



$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

(сферический конденсатор),

Конденсаторы

Конструкция конденсаторов

1. Пакетная конструкция

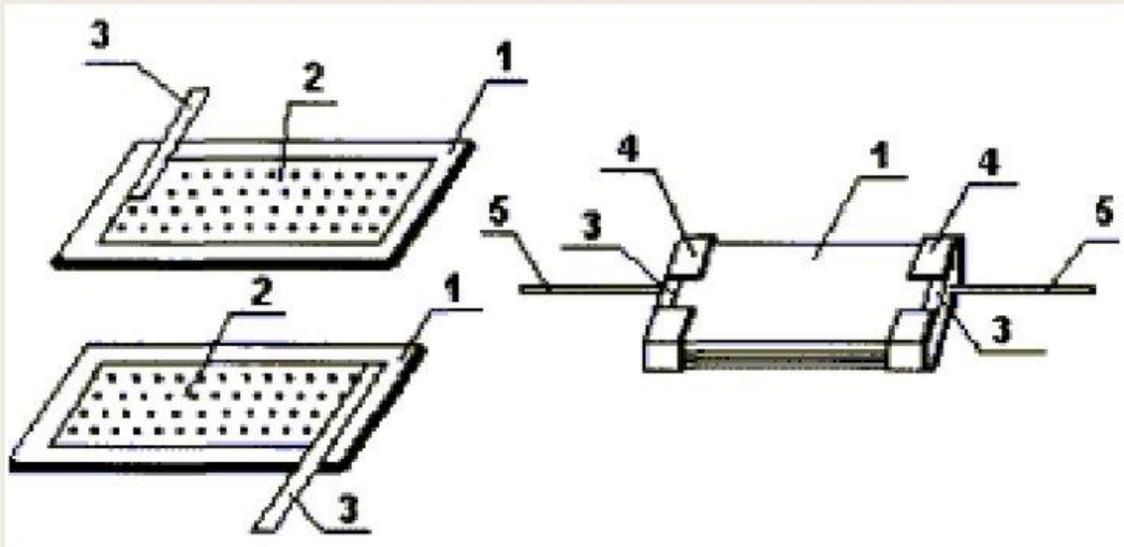


Рис. 9. Пакетная конструкция конденсатора:

- 1 – диэлектрическая пластина;
- 2 – матализированная обкладка;
- 3 – полоски фольги;
- 4 – обжимы;
- 5 – гибкие выводы

Конденсаторы

Конструкция конденсаторов

2. Дисконная конструкция

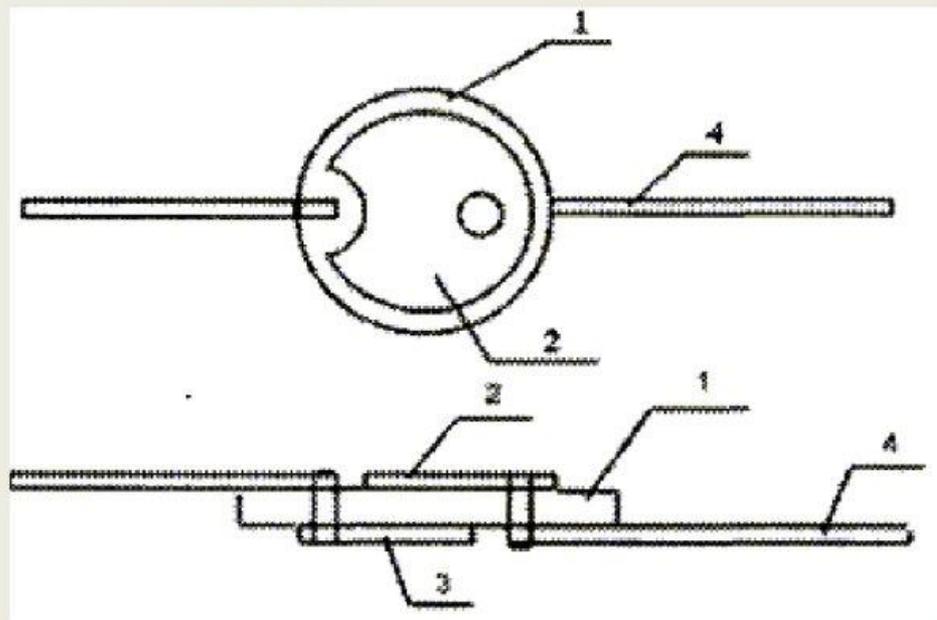


Рис. 10. Конструкция дискового конденсатора:

- 1 – керамический диск;
- 2,3 – серебряные обкладки;
- 4 – гибкие выводы

Конденсаторы

Конструкция конденсаторов

3. Секционная (многослойная) конструкция

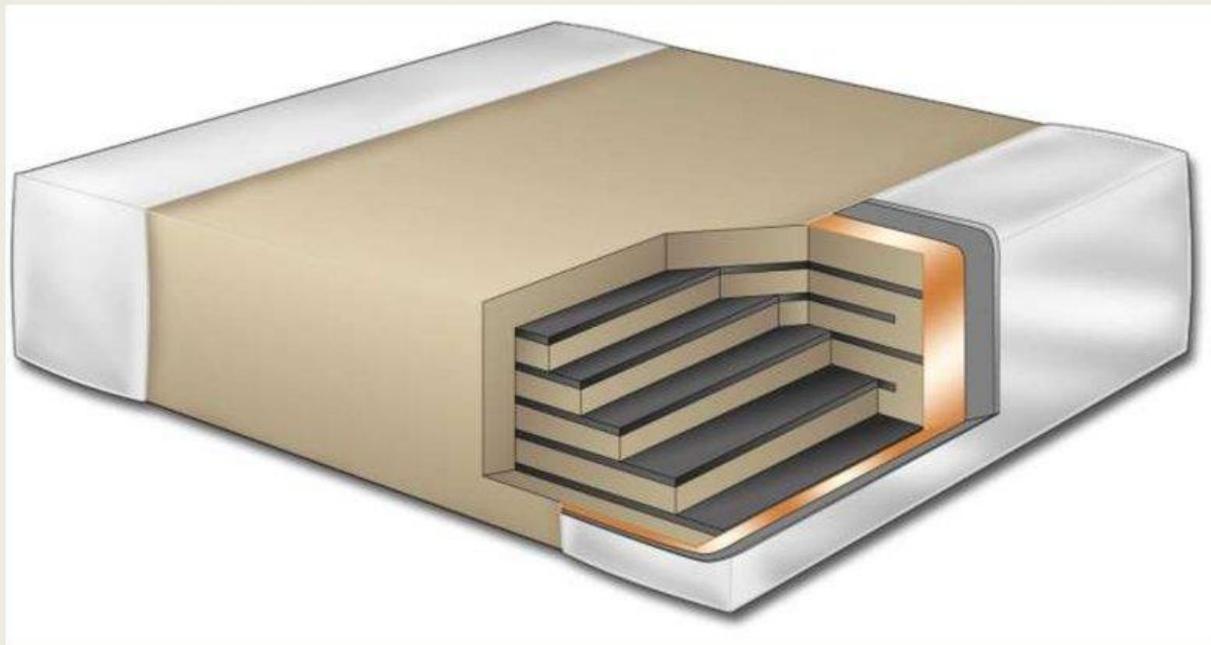


Рис. 11. Конструкция секционного (многослойного) конденсатора

Конденсаторы

Конструкция конденсаторов

4. Рулонная конструкция



Рис. 12. Рулонная конструкция на примере электролитического конденсатора

Конденсаторы

Конструкция конденсаторов

5. Переменный конденсатор

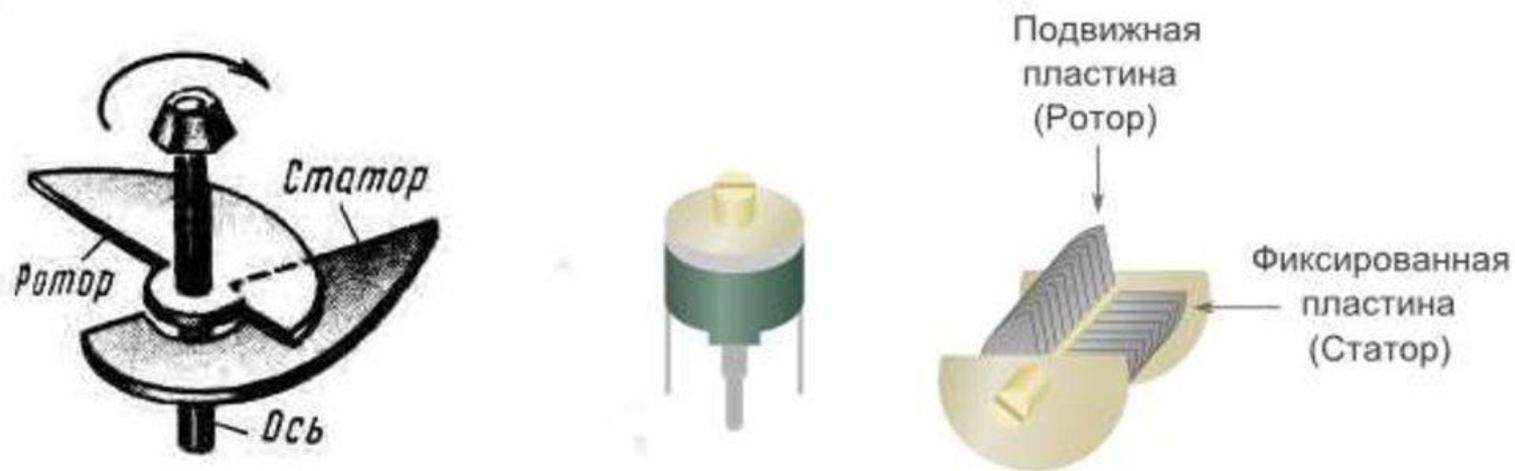


Рис. 13. Конструкция переменного конденсатора

Конденсатор

Эквивалентная схема конденсатора

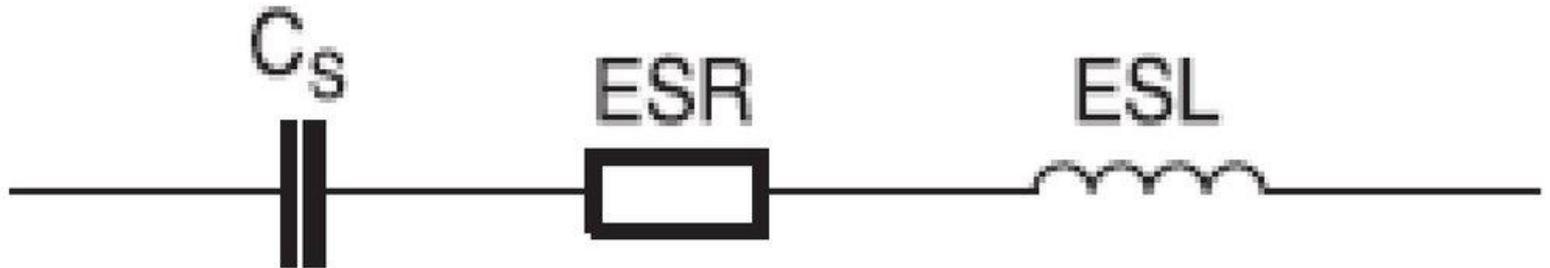


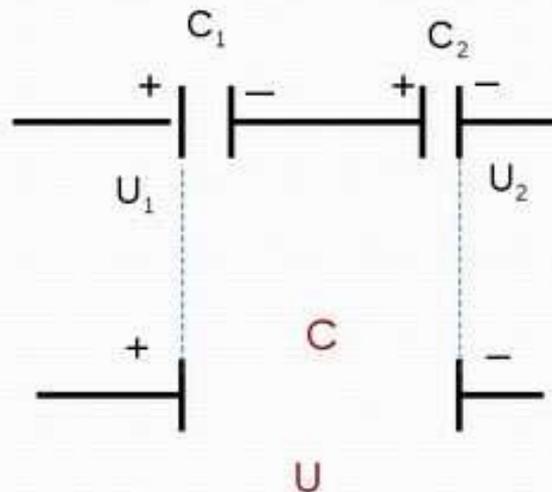
Рис. 14. Эквивалентная схема конденсатора:

C_s – номинальная емкость конденсатора;

ESR – эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора;

ESL – эквивалентная последовательная индуктивность конденсатора

Последовательное соединение



$d \uparrow$, следовательно, $C \downarrow$

$$q = q_1 = q_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

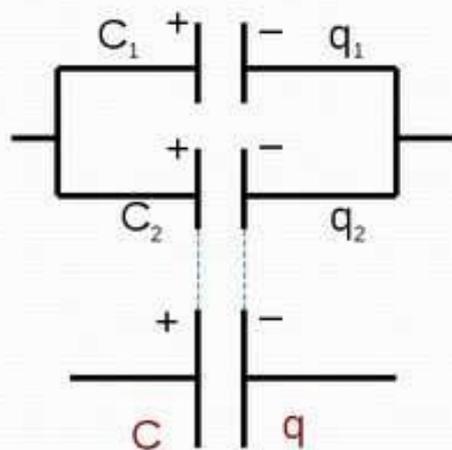
Параллельное соединение

$$q = q_1 + q_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

$$CU = C_1U_1 + C_2U_2$$

$$C = C_1 + C_2$$



$S \uparrow$, следовательно, $C \uparrow$

Конденсатор
используется в медицине
– в рентгеновской
аппаратуре и в
устройствах
электротерапии.



Мобильные телефоны



Зарядное
устройство



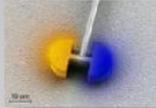
Конденсатор

применяется в телефонии и телеграфии – для
разделения цепей переменного и постоянного токов,
разделения токов различной частоты, искрогашения
в контактах, симметрирования кабельных линий и
т.д.





Светильники с
разрядными лампами



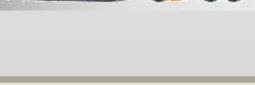
Резонансный контур лазера
с двумя полукруглыми лазерами



Лампа фотовспышки



Лампа дневного света



Конденсатор
используется в схемах зажигания и
для искрогашения в контактах
транспорта.



Емкостная клавиатура

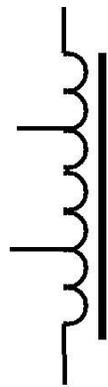
- Название технологии говорит само за себя – этот тип работает за счет конденсаторов, расположенных в устройстве. Две площадки из олова и никелированной меди, которые, кстати, никак не соединены друг с другом, ни механически, ни электрически, формируют каждую клавишу.
- Рассмотрим, как это работает. Мы нажимаем клавишу – расстояние между площадками увеличивается, при этом изменяется электрическая емкость, которая при нажатом состоянии равна приблизительно 2 пикофарадам, а при не нажатом – 20 пикофарадам.
- Уменьшение емкости создает поток заряженных частиц, который обрабатывается контроллером клавиатуры, который, в свою очередь, генерирует код нажатой клавиши. Кажется долго, но при этом такая клавиатура позволяет вводить текст со скоростью до 300 символов в секунду.



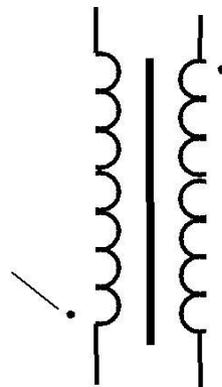
Трансформатором называется элемент ЭА, предназначенный для получения различных по амплитуде, мощности и фазе переменных напряжений, а также осуществления гальванической развязки в электрической цепи.

Трансформаторы делятся на трансформаторы питания (силовые), сигнальные (согласующие), импульсные.

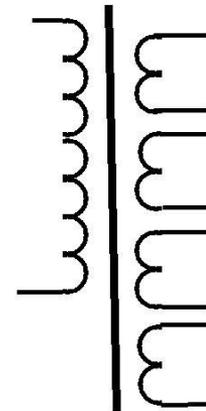
Основными элементами трансформатора являются магнитопровод и размещенные на нем обмотки.



Автотрансформатор



Двухобмоточный трансформатор



Многообмоточный трансформатор

По виду используемого сердечника различают трансформаторы с пластинчатым, ленточным и прессованным сердечниками.

Маркировка трансформаторов

Трансформаторы питания: первый элемент – буква Т; второй - буква или две буквы (А – трансформатор питания анодных цепей, Н – трансформатор питания накальных цепей, АН – трансформатор питания анодно-накальных цепей, ПП – трансформатор для питания полупроводниковой аппаратуры, С – силовой трансформатор для бытовой аппаратуры); третий элемент (число) – номер разработки; четвертый элемент (число) – номинальное напряжение питания (110, 127, 220,В); пятый элемент (число) – рабочая частота (50, 60, 400, 1000 Гц); шестой элемент – буква или сочетание букв (В – всеклиматического исполнения, ТС – для сухого тропического климата, ТВ – для влажного тропического климата), например, ТА5 -127/220 -50-В.

Сигнальные трансформаторы: первый элемент – буква Т; второй элемент – сочетание букв (ВТ – входной для транзисторной аппаратуры, М – межкаскадный, ОТ – оконечный трансформатор для транзисторных устройств); третий элемент – порядковый номер разработки. Например, ТОТ-1 – выходной трансформатор для транзисторной аппаратуры.

Импульсные трансформаторы: первый элемент – буква Т; второй элемент – буква И для импульсов длительностью 0,5...100 мкс, буквы ИМ для импульсов длительностью 0,02...100 мкс; третий элемент - порядковый номер разработки.

Основные электрические параметры

Для трансформаторов питания: U_1 – напряжение на первичной обмотке; n – коэффициент трансформации при разомкнутой вторичной обмотке (в режиме холостого хода); P_n – номинальная мощность – сумма мощностей вторичных обмоток; F – частота питающей сети; КПД – коэффициент полезного действия. Существуют ряды значений P_n и n .

Для сигнальных трансформаторов, помимо перечисленных выше, выделяют следующие параметры: полоса рабочих частот, входной и выходной импеданс на рабочих частотах, индуктивности обмоток, сопротивления обмоток постоянному току, коэффициент нелинейных искажений.

Специфические параметры импульсных трансформаторов: длительность импульса, частота следования импульсов, амплитуда импульса на первичной обмотке, спад плоской вершины выходного импульса, длительность фронтов выходного импульса.

Твердотельные аналоги LC цепей

Эти элементы используют явление механического резонанса на ультразвуковых частотах в твердотельных структурах. По выполняемой функции делятся на **фильтры и резонаторы**.

Фильтры делятся на **пьезоэлектрические** и **электромеханические**.

Пьезоэлектрические фильтры выполняются из кварцевых и пьезокерамических пластин, в которых возникают резонансные колебания при возбуждении поперечных или поверхностных акустических волн на частоте

$$f = N_f / l,$$

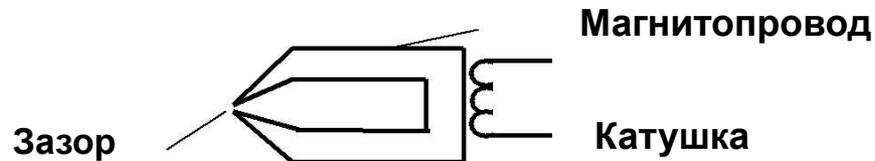
где N_f - частотная постоянная материала; l – характерный линейный размер. Промышленностью выпускается широкая номенклатура пьезокерамических фильтров (ПКФ) с рабочим диапазоном от единиц кГц до нескольких МГц, используемых в аналоговых трактах радио и телевизионной аппаратуры.

Электромеханические фильтры используют магнитострикционные или пьезоэлектрические преобразователи, селекция осуществляется в механически связанных резонаторах. Отличительная особенность – узкая полоса пропускания (~ 3 кГц), для рабочих частот до 2 мГц.



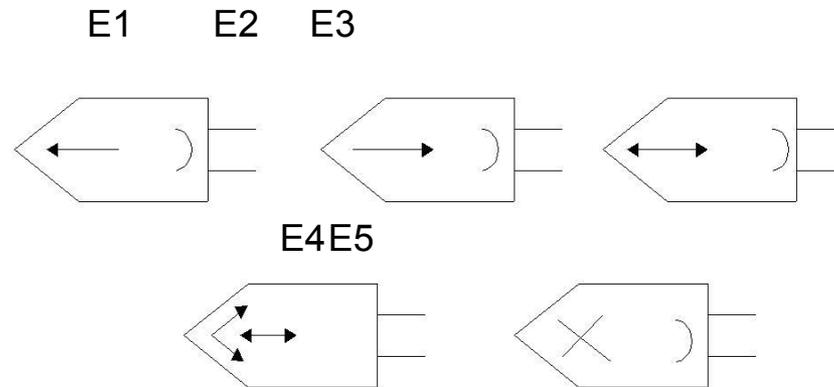
Магнитные головки – это элементы ЭА, предназначенные для записи, считывания и стирания информации на магнитном носителе. Они являются тороидальными катушками индуктивности, магнитопровод которых имеет зазор.

По назначению делятся на: звуковые (аудио), видео, цифровые и специальные.



Устройство магнитной головки

По выполняемой функции в электронной аппаратуре различают головки: записывающие, воспроизводящие (считывающие), стирающие.



Обозначения магнитных головок на схемах: E1 – записывающая; E2 – воспроизводящая; E3, E4 – универсальная; E5 – стирающая

Индуктивность головки характеризует полный импеданс (от 1 Гн до долей мкГн).

Ток записи – величина тока, протекающего через обмотку головки, при котором обеспечивается получение номинальной ЭДС при считывании с заданного магнитного носителя.

Ток стирания – величина тока, обеспечивающая заданное подавление предыдущих записей по отношению к последующей (от 30 дБ и выше).

ЭДС воспроизведения – напряжение на выходе головки при нормированных условиях записи на носитель (на заданной частоте).

Рабочий диапазон частот характеризует АЧХ тракта запись – воспроизведение.

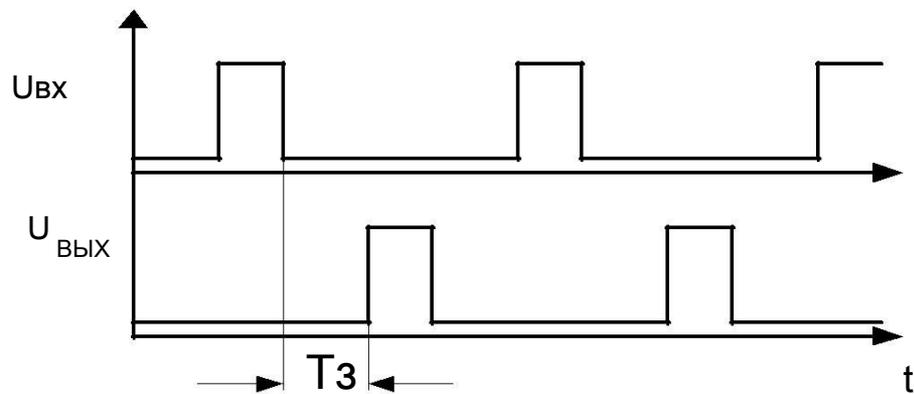
Маркировка магнитных головок зависит от фирмы производителя аппаратуры. Для отечественной звуковой аппаратуры используют следующую маркировку, поэлементно: цифра – соответствует ширине магнитной ленты в мм (3, 6, 12,...); буква – соответствует назначению головки (А – для записи, В – воспроизведения, С – стирания, D – универсальная головка); цифра – максимальное число дорожек одновременно записываемых или воспроизводящих; цифра – максимальное число дорожек; буква – сопротивление головки (Н – низкое, П – высокое); цифровой код модификации.

Искусственные линии

Искусственные линии в импульсной технике используются для формирования импульсов и задержки их во времени.

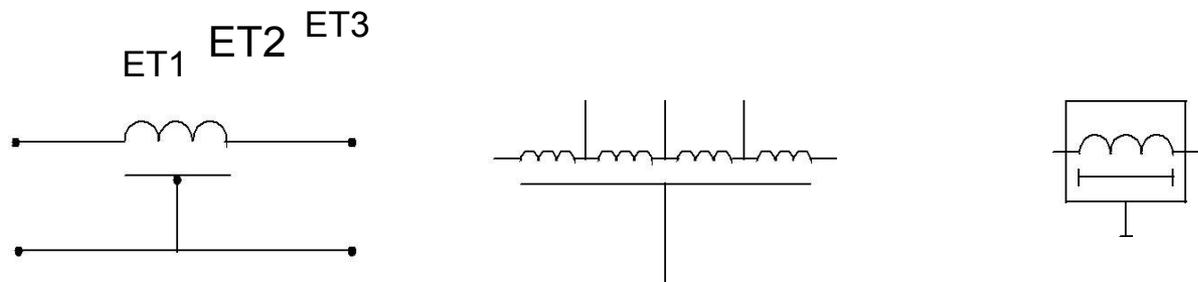
Формирующие линии применяются, как правило, в модуляторах мощных импульсных станций для получения стабильных по длительности импульсов высокого напряжения.

Линии задержки (ЛЗ) – элементы ЭА, предназначенные для номинальной временной задержки выходных видеоимпульсов относительно входных.



Электрические ЛЗ предназначены для задержки видеоимпульсов от единиц наносекунд до десятков микросекунд. Они делятся на **однородные** (с распределенными элементами) и на **линии с сосредоточенными параметрами**.

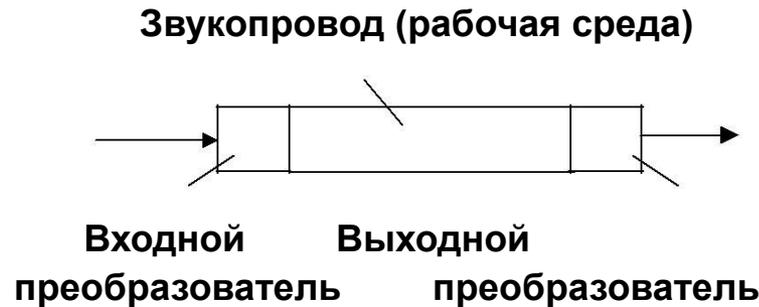
На принципиальных электрических схемах ЛЗ обозначаются прописными буквами ЕТ с порядковым числовым или буквенным индексом. Как правило, указывается марка ЛЗ.



Ультразвуковые линии задержки применяются, когда необходимо получить T_3 от десятков микросекунд до единиц миллисекунд. В этих ЛЗ последовательно происходят : преобразование электрических колебаний в акустические, создание задержки:

$$T_3 = L / V_{cp}$$

(L - путь волны в среде и V_{cp} - скорость распространения в рабочей среде), обратное преобразование в электрический сигнал.



Магнестрикционные линии задержки используют прямое и обратное явление магнестрикции в ферромагнетиках.



Достоинства – возможность плавно изменять время задержки, простота конструкции, малые температурные влияния, малая стоимость.