

Лекция 3. Индуктивность

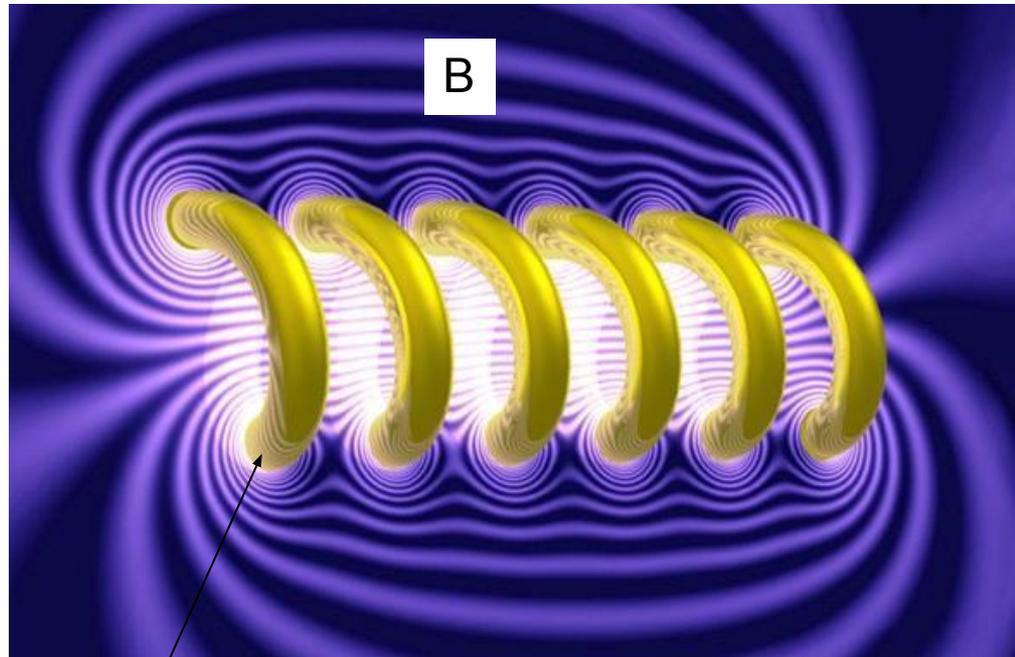
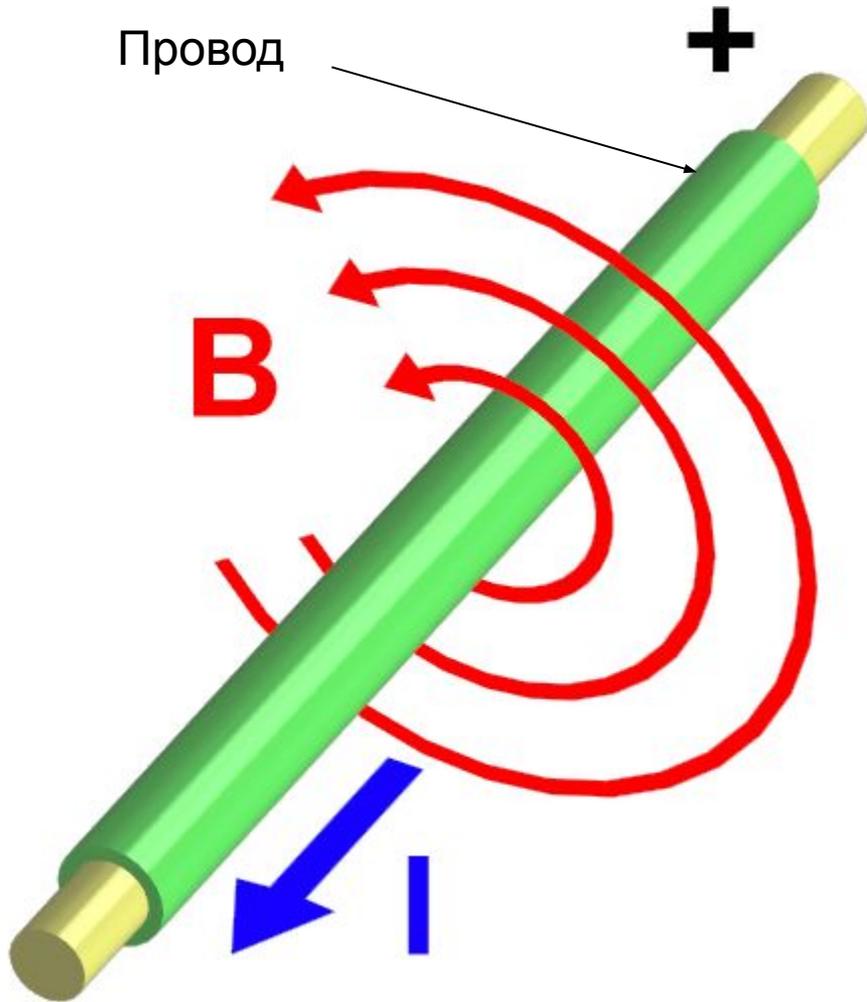
Цель лекции: индуктивность, ее характеристики; компоненты, использующие индуктивность; трансформаторы; реле; полезные схемы.

ИНДУКТИВНОСТЬ

- В индуктивности скорость изменения тока зависит от приложенного напряжения $U=L (dI /dt)$.
- Единица измерения индуктивности - **генри**.
- Напряжение, приложенное к индуктивности, вызывает нарастание тока, изменение которого происходит по линейному закону.
- Напряжение 1 В, приложенное к индуктивности 1 Гн, приводит к нарастанию тока через индуктивность со скоростью 1 А в 1 сек.



Вид силовых линий магнитного поля в проводе и дросселе



Катушка индуктивности

ИНДУКТИВНОСТЬ

- **ВАЖНО:** Мощность, связанная с током через индуктивность, не преобразуется в тепло (как в R), а сохраняется в виде энергии магнитного поля.
- Эту энергию можно извлечь, если прервать ток через индуктивность **.ОПАСНО.**
- Конструктивным элементом, обладающим индуктивностью называют **катушкой ИНДУКТИВНОСТИ.**

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

Энергия
магнитного поля
катушки индуктивности

ИНДУКТИВНОСТЬ

- Индуктивность соленооида.
- Индуктивность катушки с кольцевым сердечником.

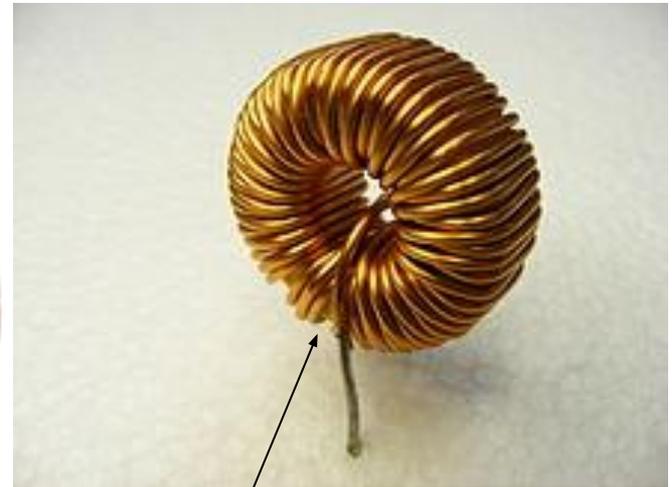


Количество витков

Длина провода

$$L = \mu_0 N^2 S / l.$$

Магнитная проницаемость Площадь сечения провода

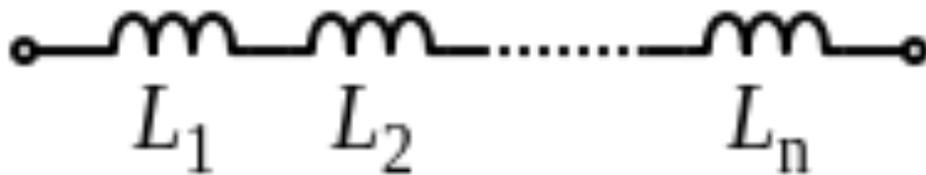


$$L = N^2 \cdot \frac{\mu_0 \mu S}{2\pi r},$$

радиус сердечника

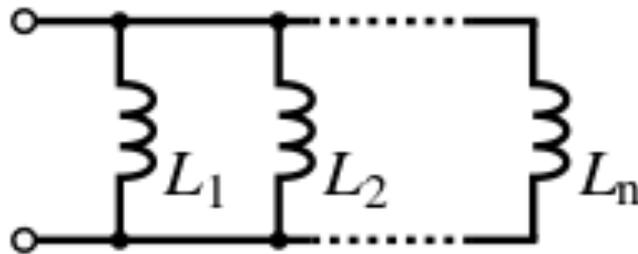
Соединения индуктивностей

Последовательное



$$L = \sum_{i=1}^N L_i.$$

Параллельное



$$L = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{L_i}}.$$

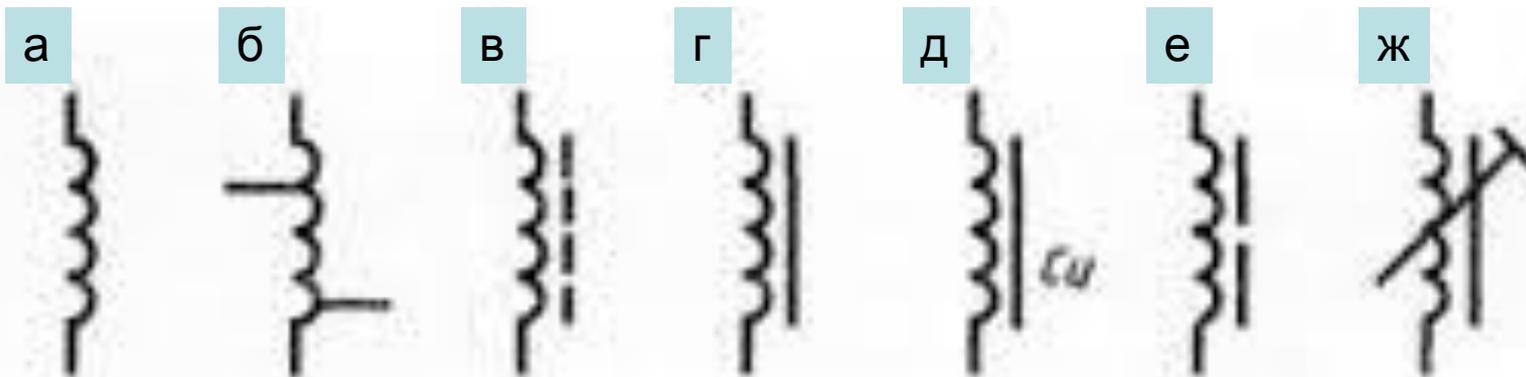
Классификация катушек индуктивностей



Внешний вид



Обозначения



А - без сердечника.

Б – с отводами.

В – с сердечником из железа.

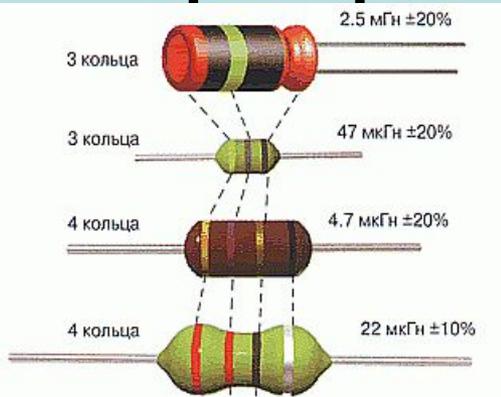
Г – ферритовым сердечником.

Д – с медным сердечником.

Е – с зазором в ферро магнитопроводе.

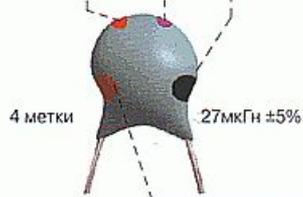
Ж – с переменным значением индукции.

Маркировка корпусов дросселей



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



Электронные компоненты и устройства использующие индуктивность

- Трансформаторы.
- Реле.
- Катушки индуктивности или дроссели.
- Электродвигатели.
- Динамики (как преобразователи электрического сигнала в звуковой).

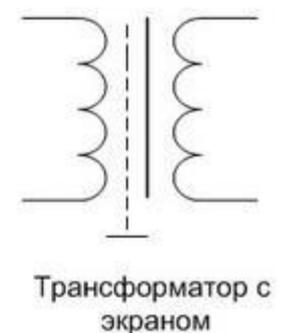
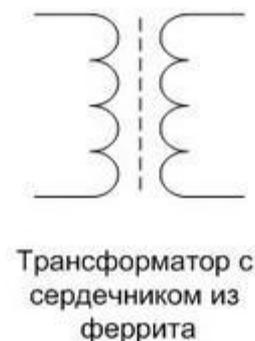
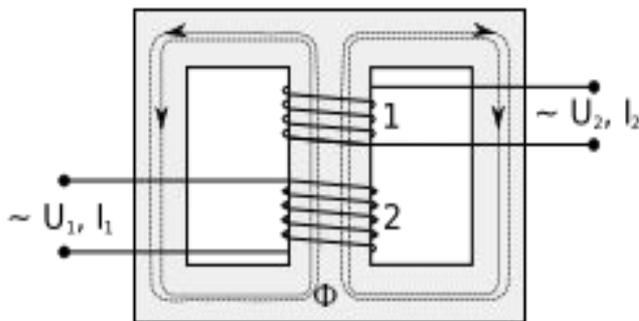
Трансформатор

- **Трансформатор** — это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки на каком-либо магнитопроводе и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений) переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты.
- **ВАЖНО.** Трансформатор работает только с переменным током.



Принцип действия трансформатора

1. Изменяющийся во времени электрический ток, проходящий по первичной обмотке, создаёт изменяющееся во времени магнитное поле (электромагнетизм).
2. Изменение магнитного потока, проходящего через вторичную обмотку, создаёт ЭДС в этой обмотке (электромагнитная индукция).



Закон Фарадея

- ЭДС создаваемая в первичной обмотке может быть вычислена по формуле:

$$U_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

Где N_1 – количество витков первичной обмотки;

Φ – суммарный магнитный поток через один виток обмотки.

ЭДС создаваемая во вторичной обмотке определяется аналогичной формулой:

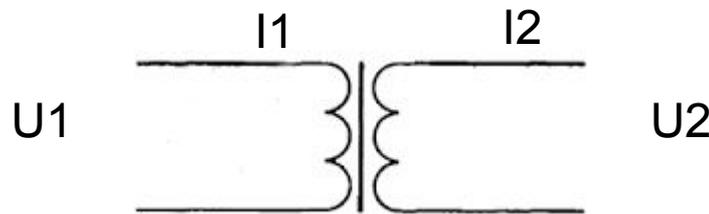
$$U_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \qquad \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Коэффициент трансформации

Габаритная мощность трансформатора

- определяется габаритами сердечника и материалом, его магнитными и частотными свойствами.

$$P_{gab} = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{U_1 I_1 + U_2 I_2}{2}$$



КПД трансформатора

- где
 - P_0 — потери холостого хода (кВт) при номинальном напряжении
 - P_L — нагрузочные потери (кВт) при номинальном токе
 - P_2 — активная мощность (кВт), подаваемая на нагрузку
 - n — относительная степень нагружения (при номинальном токе $n=1$).

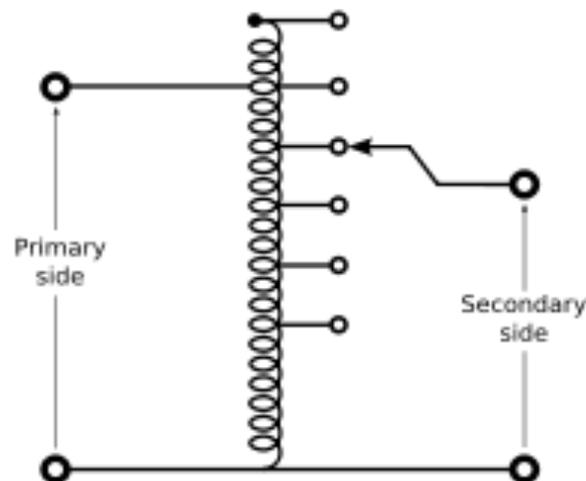
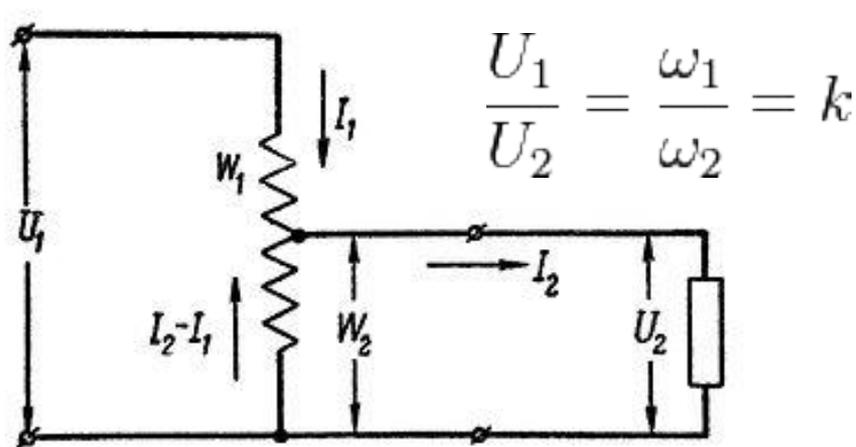
$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{P_0 + P_L \cdot n^2}{P_2 \cdot n}}$$

Виды трансформаторов

- Силовой.
- Автотрансформатор.
- Трансформатор тока.
- Трансформатор напряжения.
- Импульсный.
- Разделительный.
- Согласующий.
- Пик-трансформатор.
- Трансфлюктор.

Автотрансформатор

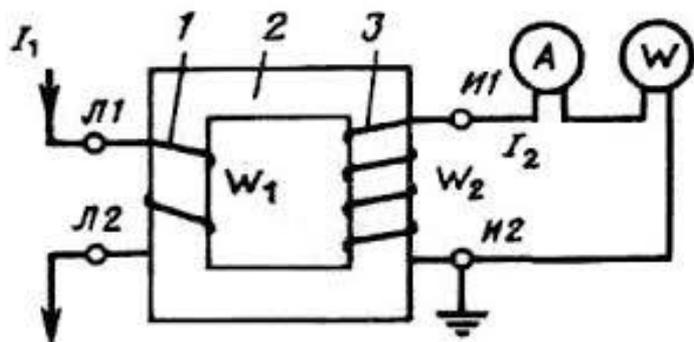
- Вариант трансформатора у которого первичная и вторичная обмотка соединены на прямую.



Применяется для плавного изменения выходного напряжения
За счет изменения числа витков во вторичной обмотке

Трансформатор тока

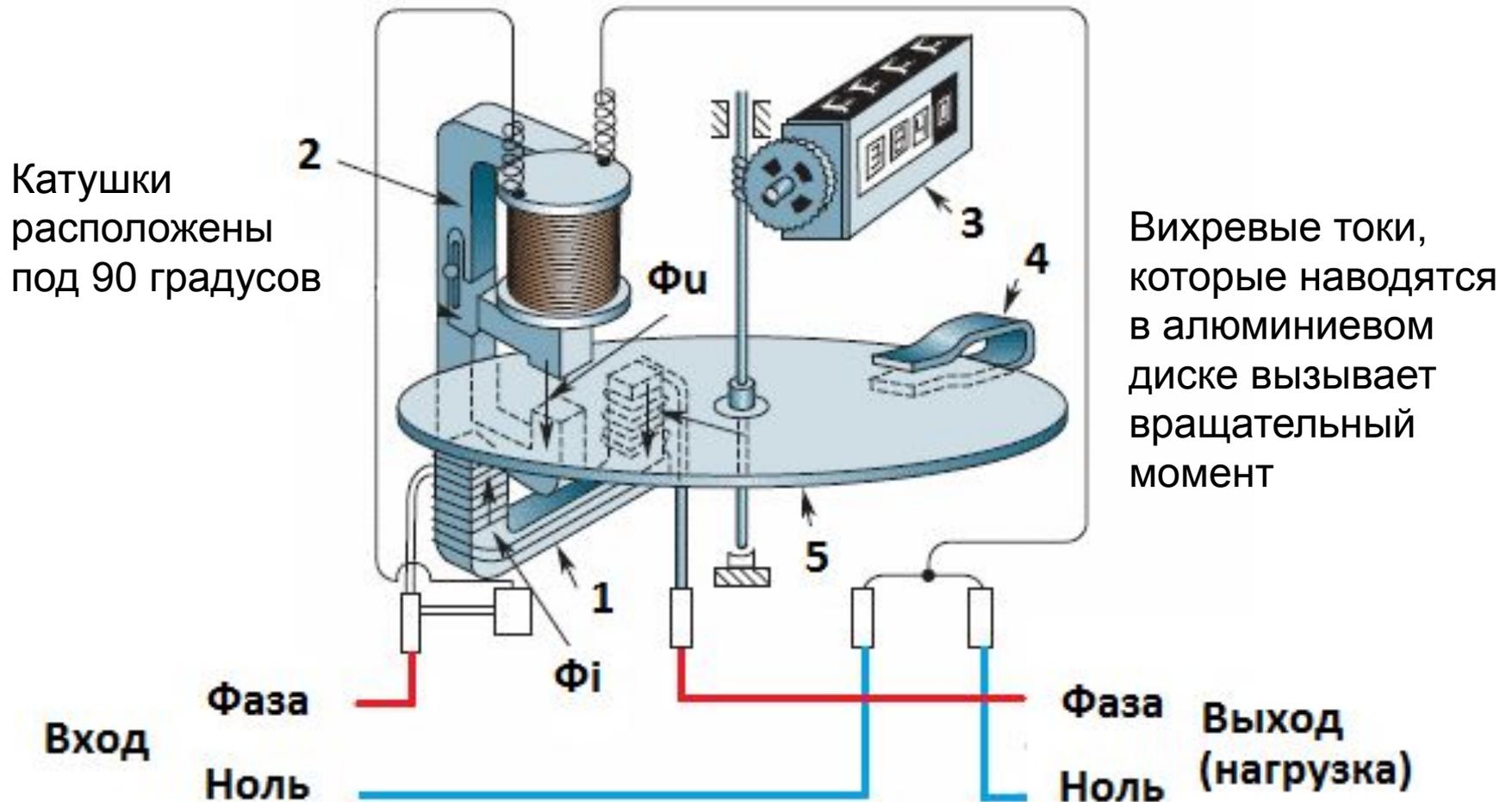
- **Трансформатор тока** — трансформатор, первичная обмотка которого подключена к источнику тока, а вторичная обмотка замыкается на измерительные или защитные приборы, имеющие малые внутренние сопротивления



$$K = \frac{I_{\Pi}}{I_{В}} \approx \frac{N_{В}}{N_{\Pi}}$$

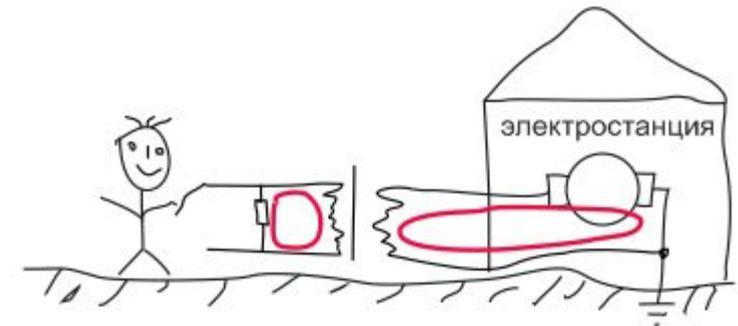
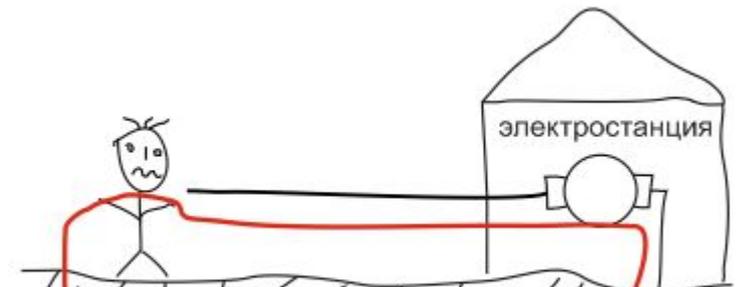
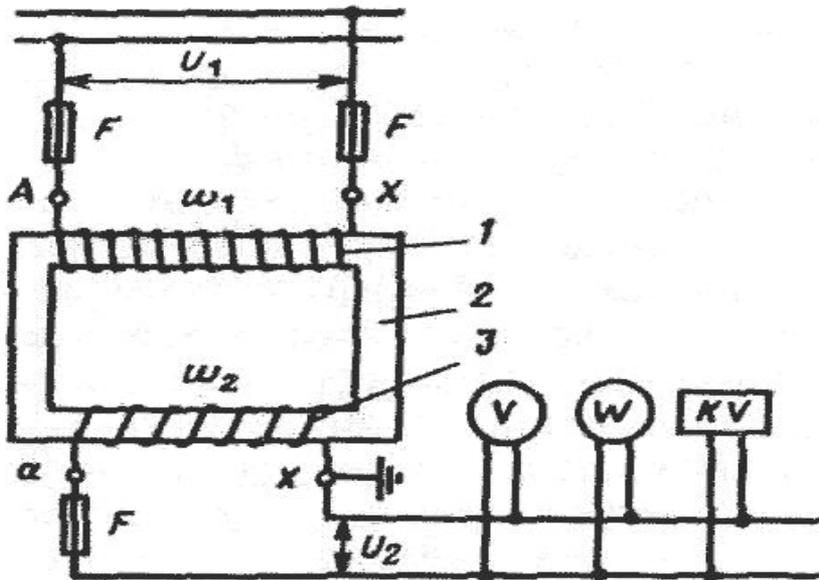
Самое главное назначение трансформаторов тока — это преобразование первичного переменного тока сети до значений, безопасных для его измерений. **ВАЖНО.** Трансформатор тока не должен работать в режиме холостого хода.

Индукционный электрический счетчик как пример трансформатора тока



Трансформатор напряжения

- **Трансформатор напряжения** — один из разновидностей трансформатора, предназначенный не для преобразования электрической мощности для питания различных устройств, а для гальванической развязки цепей высокого (6 кВ и выше) от низкого (обычно 100 В) напряжения вторичных обмоток.



Импульсный трансформатор

- **Импульсный трансформатор** — предназначен для преобразования тока и напряжения импульсных сигналов с минимальным искажением исходной формы импульса на выходе.



Согласующий трансформатор

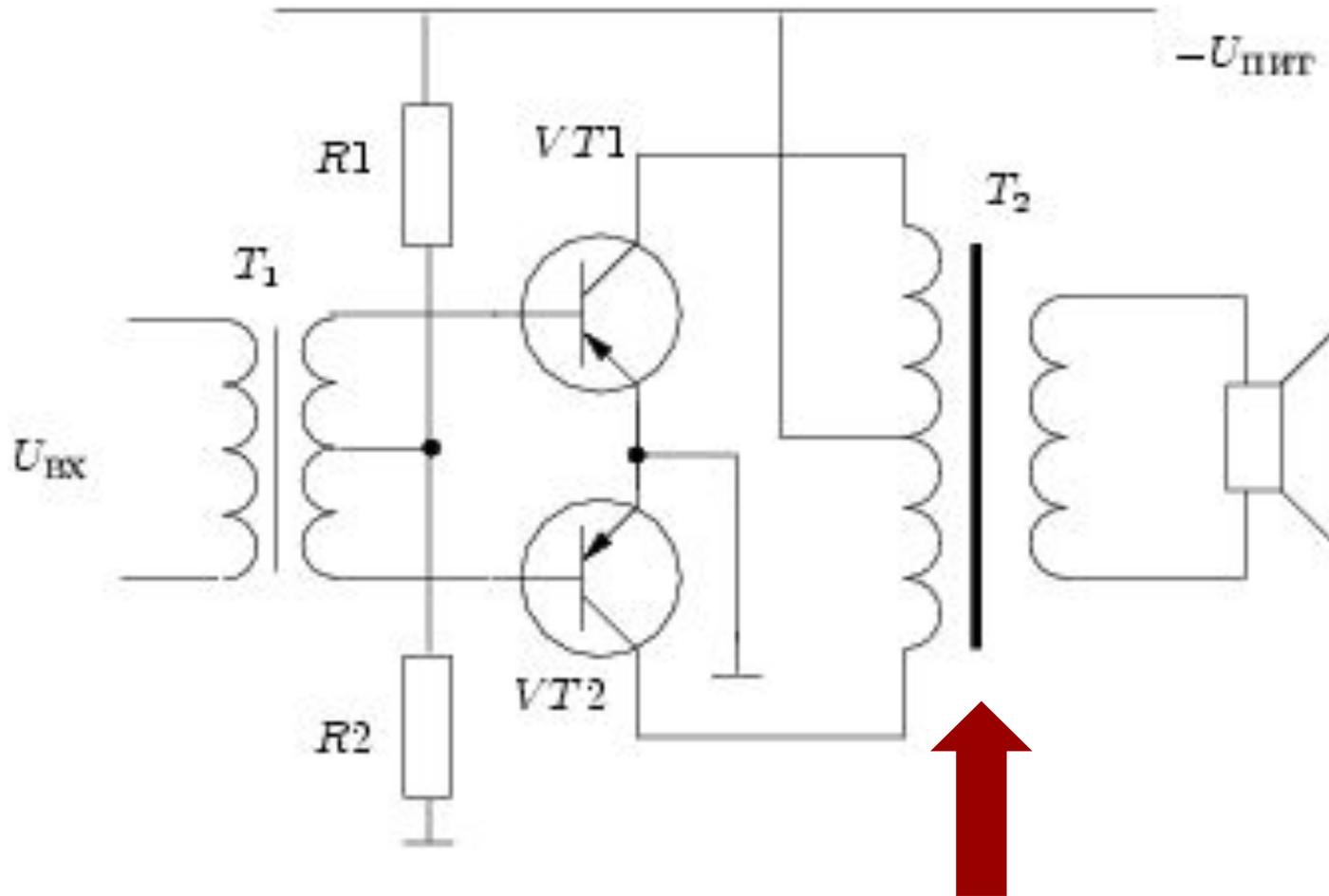
- Согласующий трансформатор — применяется для согласования сопротивления различных частей (каскадов) электронных схем.
- Обычно согласующие трансформаторы применяются для подключения низкоомной нагрузки к каскадам электронных устройств, имеющим высокое входное или выходное сопротивление.
- Эквивалентное сопротивление трансформатора с подключенной нагрузкой:

$$R_e = K^2 \cdot R_L$$

Коэффициент трансформации

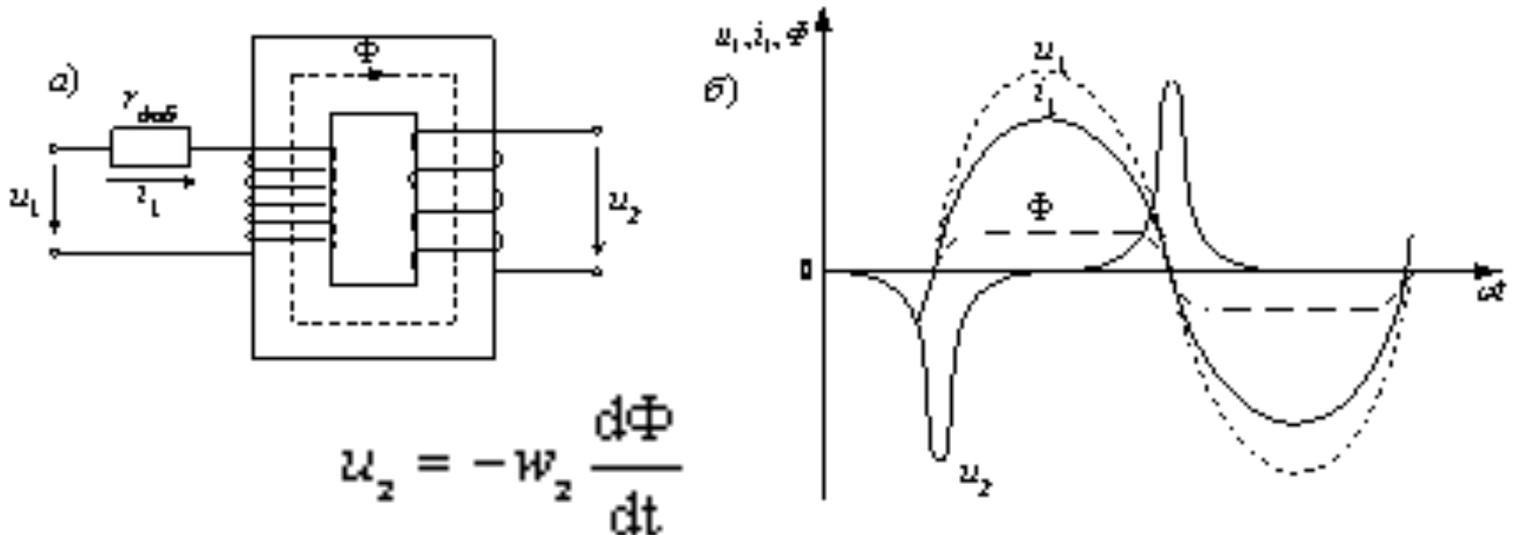
Сопротивление нагрузки

Пример применения согласующего трансформатора



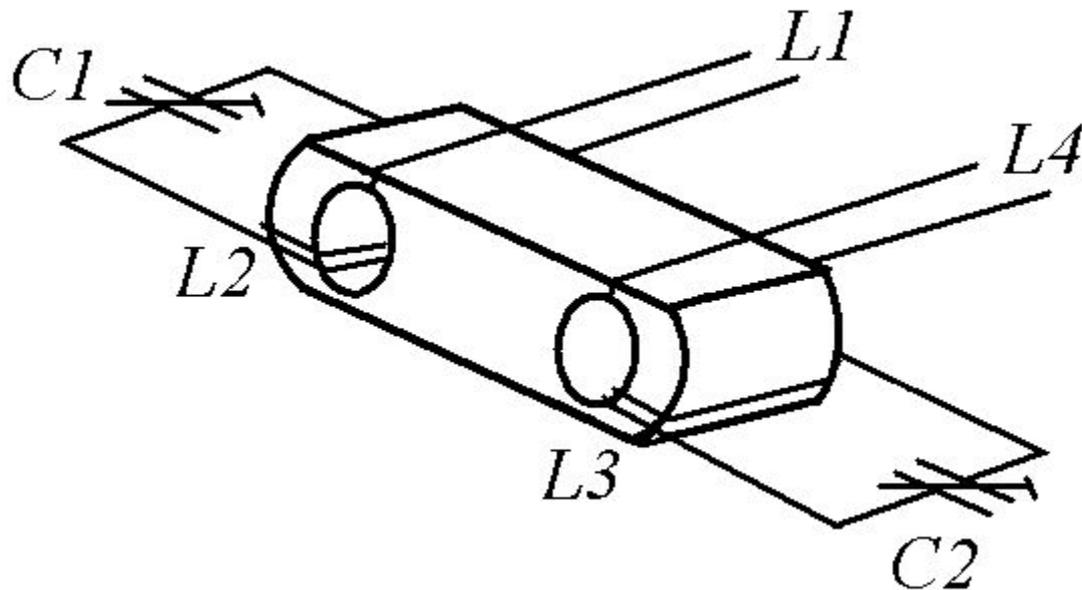
Пик-трансформатор

- **Пик-трансформатор** — электрический трансформатор, преобразующий напряжение синусоидальной формы в импульсное напряжение переменной полярности той же частоты.



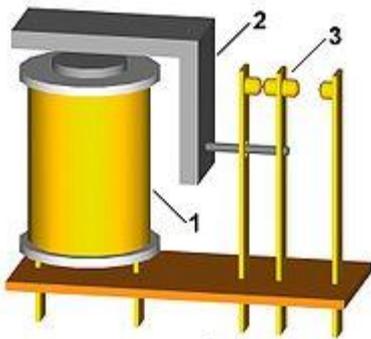
Трансфлюктор

- Трансфлюкторы изготовленные из ВЧ-ферритов способны работать на частотах в несколько сотен мегагерц. Трансфлюкторы предназначены для обработки телевизионных и УКВ сигналов и для низкочастотных широкополосных применений.

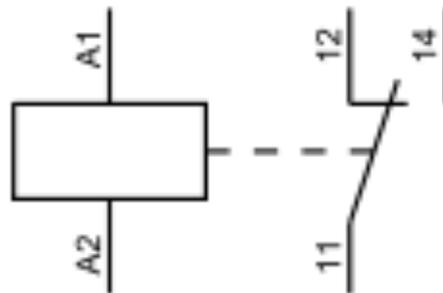
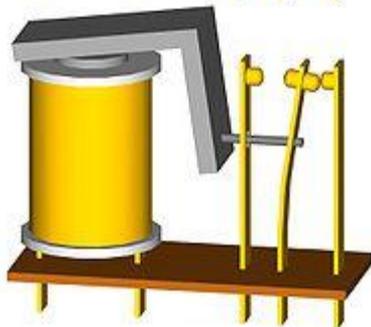


Электромагнитные реле

- Реле (фр. *relais*) — электромагнитное или электронное устройство, предназначенное для замыкания или размыкания электрической цепи.



- 1 – электромагнитная катушка
- 2 – замыкающие контакты и размыкающие контакты
- 3 - толкатель



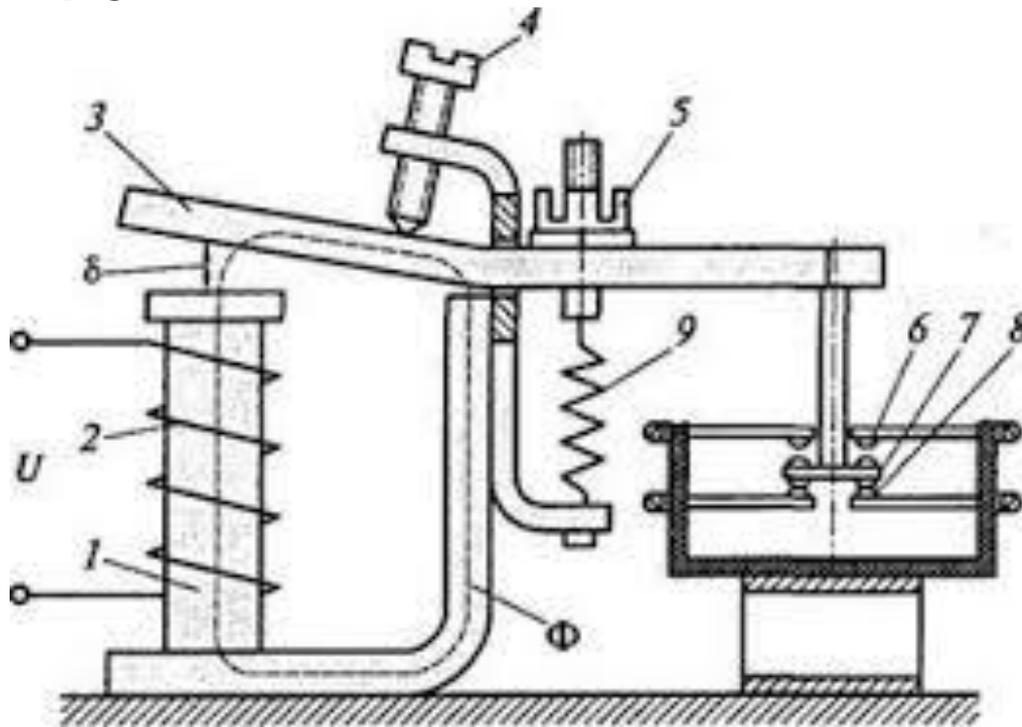
Обозначение в схемах

Характеристики реле

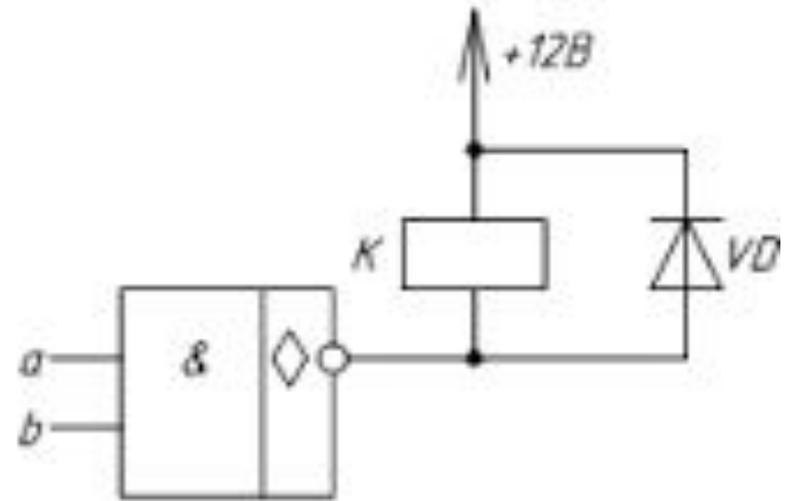
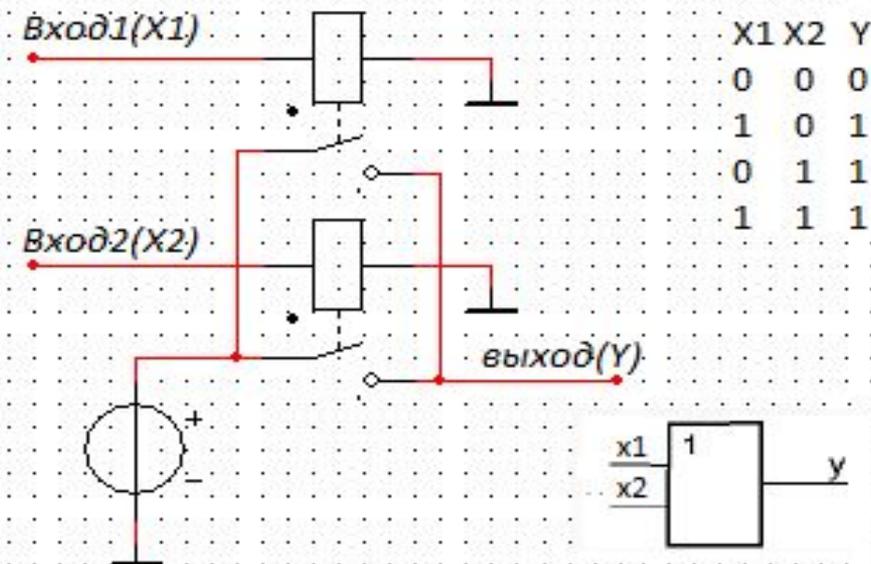
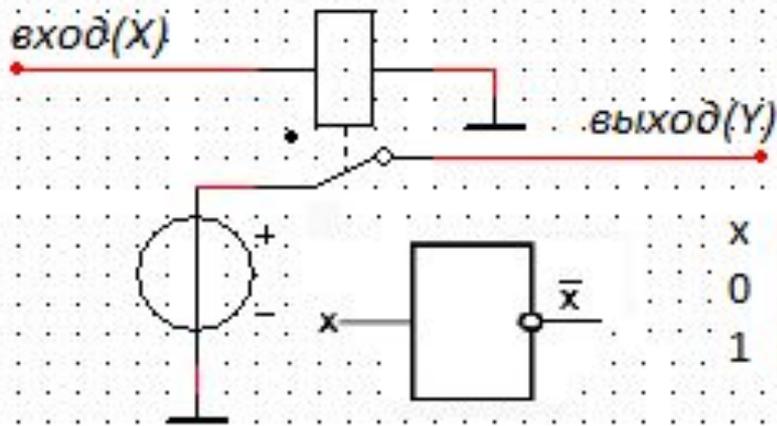
- Мощность коммутируемой электрической цепи.
- Количество переключений.
- Тип исполнения.
- Количество контактов и типы контактов.
- Рабочее напряжение.
- Реле переменного напряжения или постоянного напряжения.

Пускатель как мощное электромагнитное реле

- Применяется для коммутации мощных нагрузок

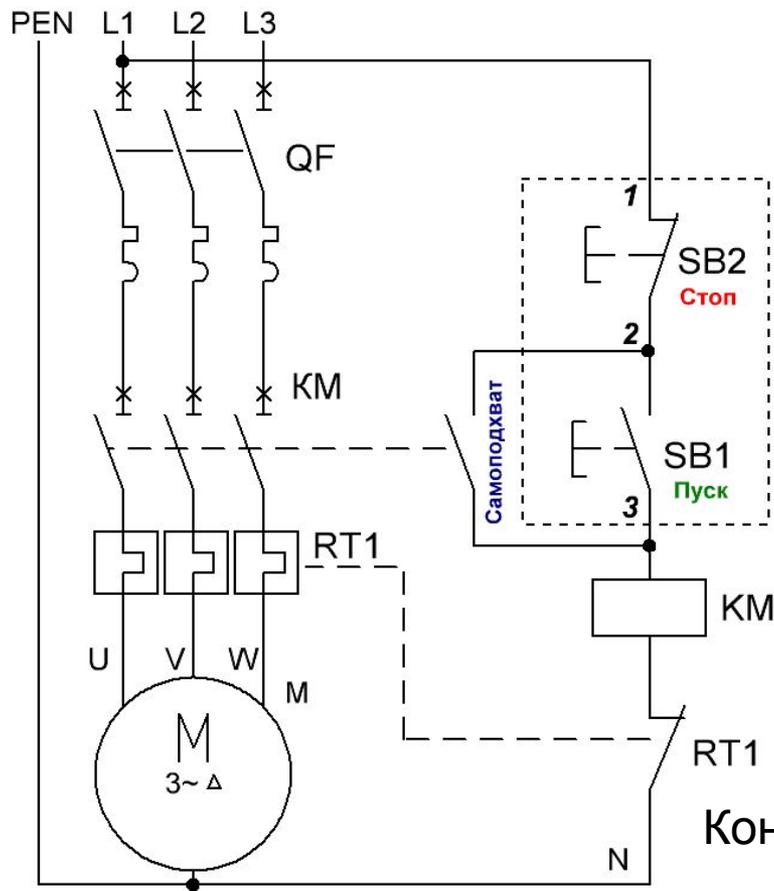


Логические элементы на реле



Управление логическим сигналом исполнительным устройством

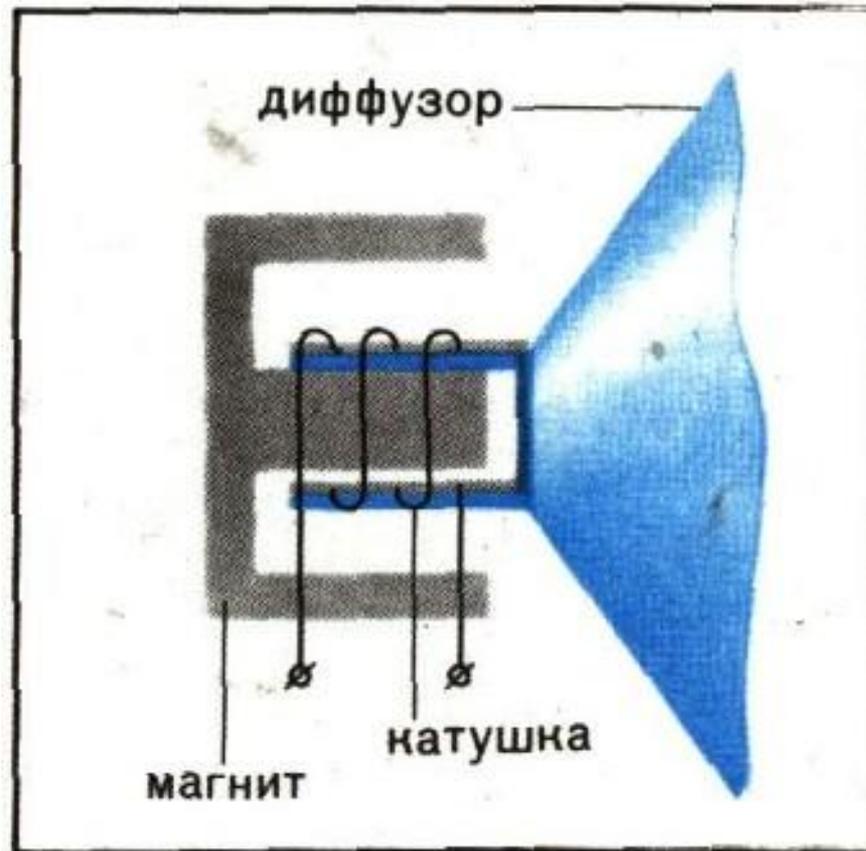
Схема включения трехфазного электродвигателя



Контакты реле тепловой защиты

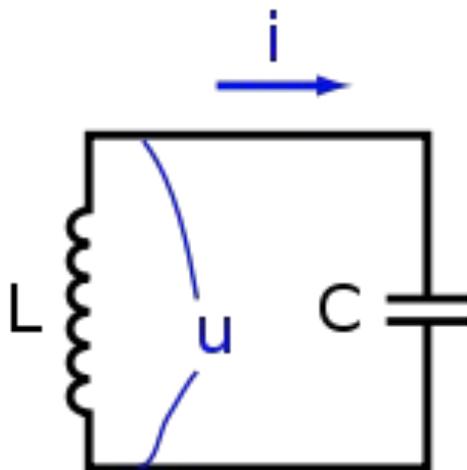
Динамики и ИНДУКТИВНОСТЬ

- Для преобразования электрического сигнала в звуковой.



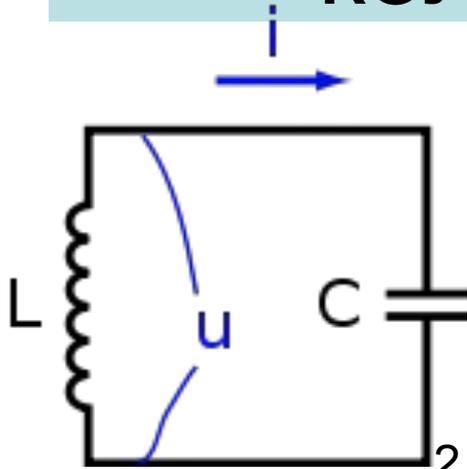
Колебательный контур

- Колебательный контур – это электрическая цепь состоящая из параллельно соединенных конденсатора и индуктивности.
- При зарядке конденсатора энергией в нем возникают свободные электромагнитные колебания.
- Колебательный контур обладает резонансной частотой.



$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Принцип действия колебательного контура



1. Если зарядить конденсатор, то он накопит энергию, определяемую формулой:

$$E_C = \frac{CU_0^2}{2}$$

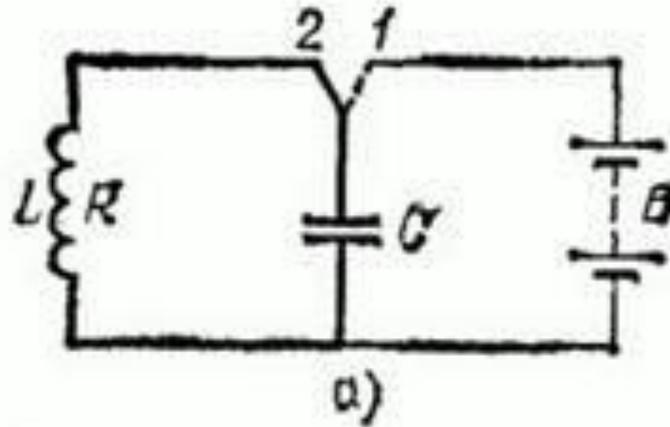
2. При соединении конденсатора с катушкой индуктивности, в цепи потечёт ток, что вызовет в катушке электродвижущую силу (ЭДС) самоиндукции, направленную на уменьшение тока в цепи.

3. Происходит полный разряд конденсатора и накопленная им энергия перейдет в энергию электромагнитного поля индуктивности:

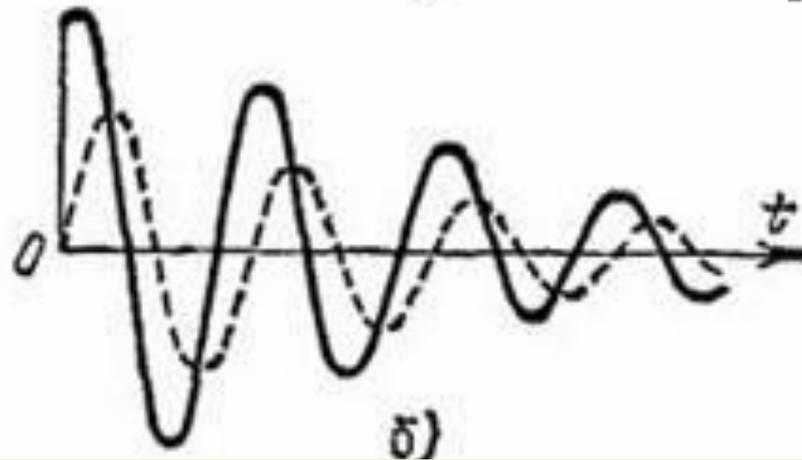
$$E_L = \frac{LI_0^2}{2}$$

4. Самоиндукция вызовет появление в цепи тока другого направления, что приведет к процессу зарядки конденсатора

Затухающие колебания LC контура

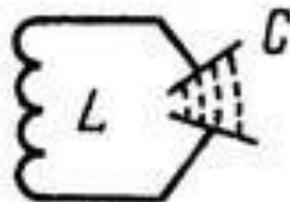
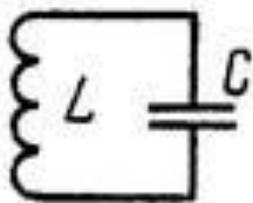


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Уменьшение сигнала связано с потерями энергии на паразитных резисторах

Открытый колебательный контур



Радиоволны делятся на диапазоны:

ДВ- до 100 кГц, 30-100 кГц;

СВ- 100 кГц-1500 кГц;

КВ- 6 мГц- 30 мГц;

УКВ- свыше 30 мГц.

Излучающая антенна

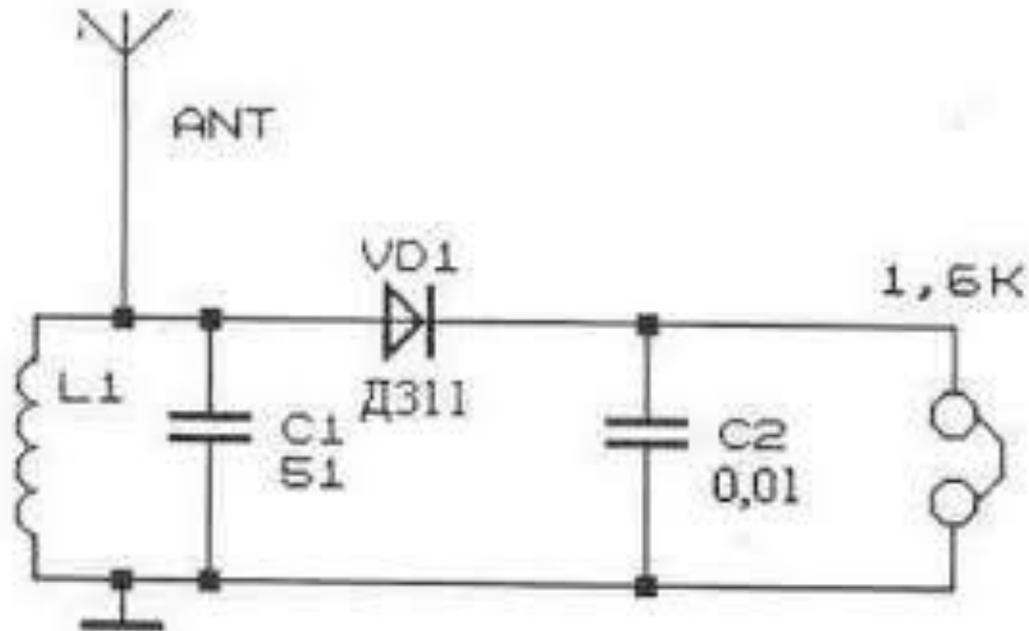
УКВ делятся на:

метровые волны 30-300 мГц;

дециметровые 300 -3000 мГц;

сантиметровые 3000-30000 мГц.

Детекторный приемник

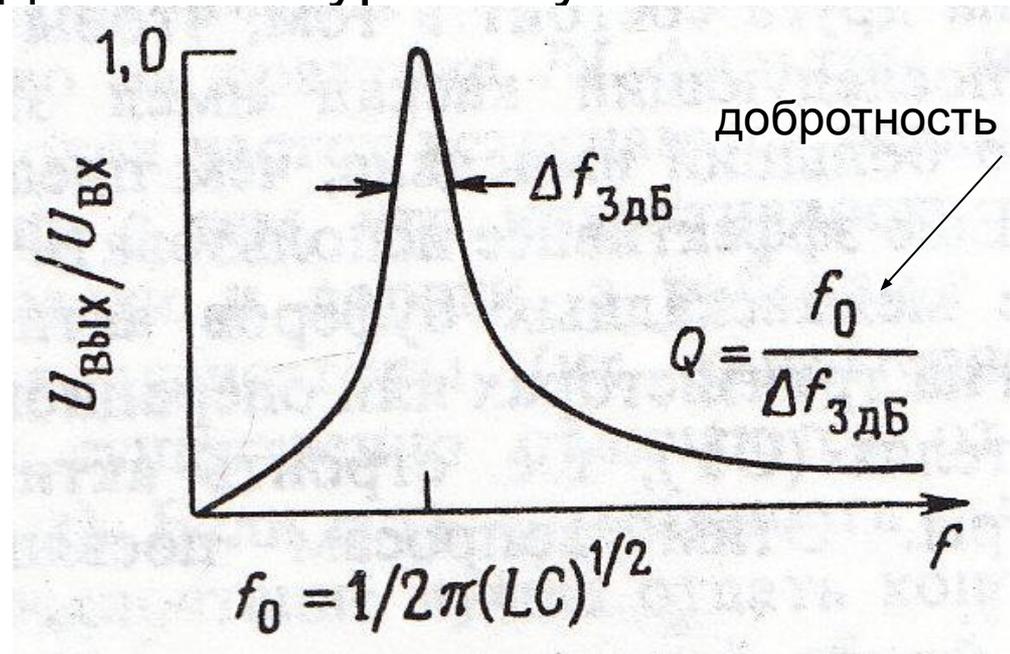
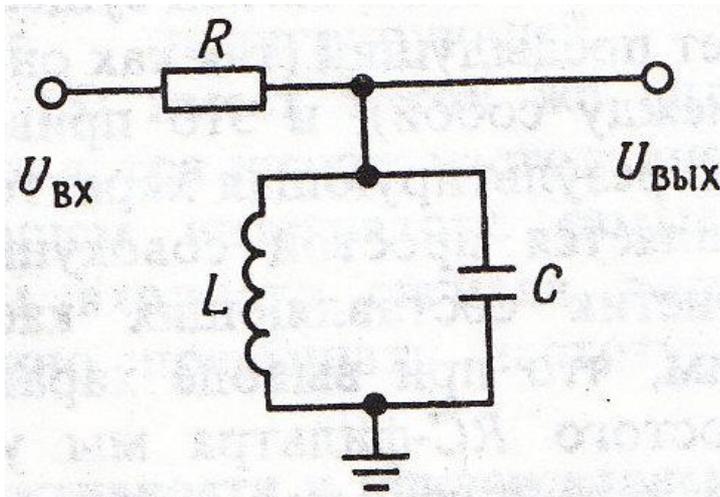


Колебательный контур с помощью подстройки резонансной частоты может настраиваться на определенную электромагнитную волну эфира

Резонансные схемы и активные фильтры

- LC схемы позволяют изменить частотную характеристику схемы.
- Широкополосный фильтр позволяет выделить частотный сигнал определенного уровня усиления

Схема LC с R создает делитель напряжения



Частотная характеристика

Узкополосный LC фильтр

- Позволяет вырезать из сигнала участок с определенной частотой.

