

Digital electronics essentials

Занятие 1. Электрические цепи.

Электрический ток. Способы измерения величин – тока напряжения. Род тока, осциллограммы. Цепь. Закон Ома. Сопротивление, способы измерения.

ТОЭ, физика, теория управления

Олег Уржумцев

Занятие 3. Род тока. Компоненты - часть 1.

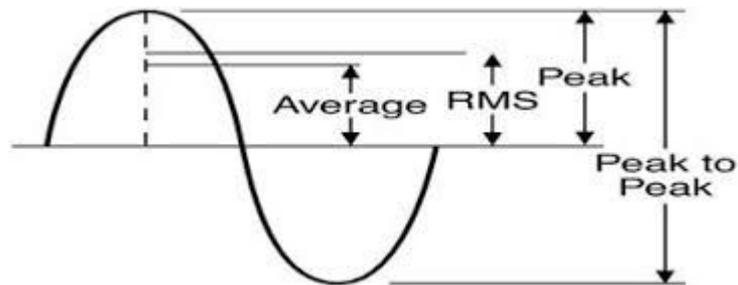
Переменный ток.

Компоненты – R, C, **L**. **Вольт-амперная характеристика. Способы измерения**

Род тока

Несмотря на то, что чаще всего в электронике применяется постоянный ток, существует также переменный ток

- Характеризуется
 - Среднеквадратичное напряжение
 - Пиковое напряжение
 - Частота
 - Форма тока

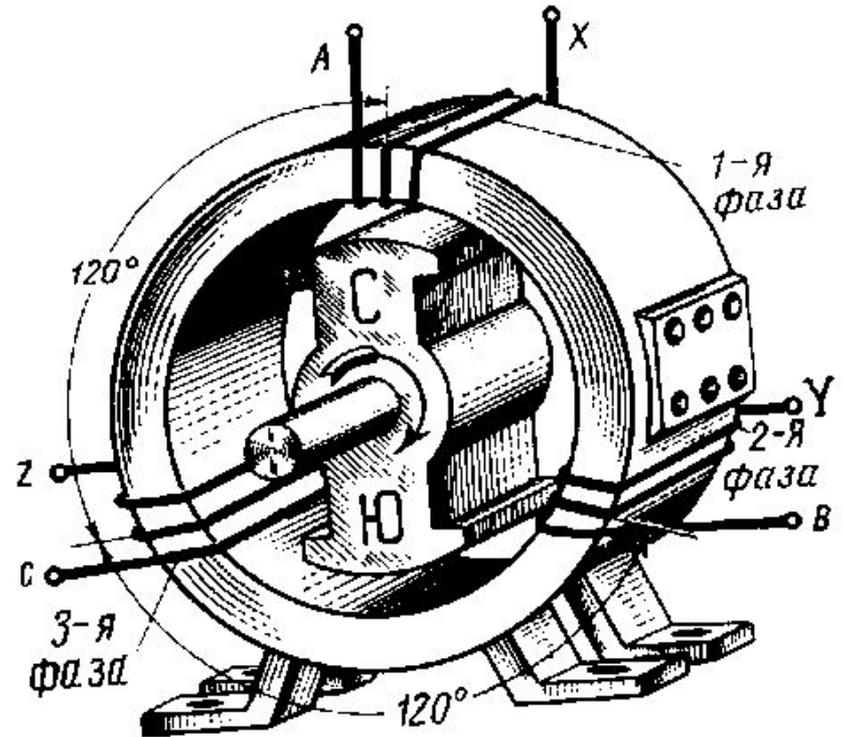


Переменный ток

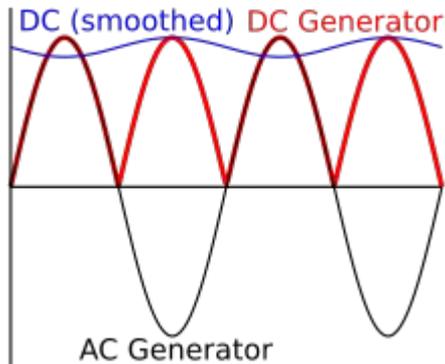
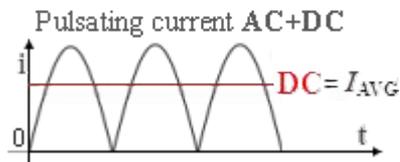
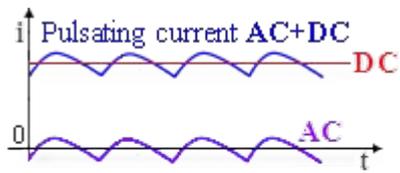
При перемещении проводника в магнитном поле в нём наводится ЭДС (принцип ЭМ индукции) благодаря силе Лоренца

При наличии тока в цепи $F_{\text{инд}}$ растёт
=> растёт сопротивление движению

<https://youtu.be/VkagcykYoel>



Осциллограммы переменного и постоянного тока

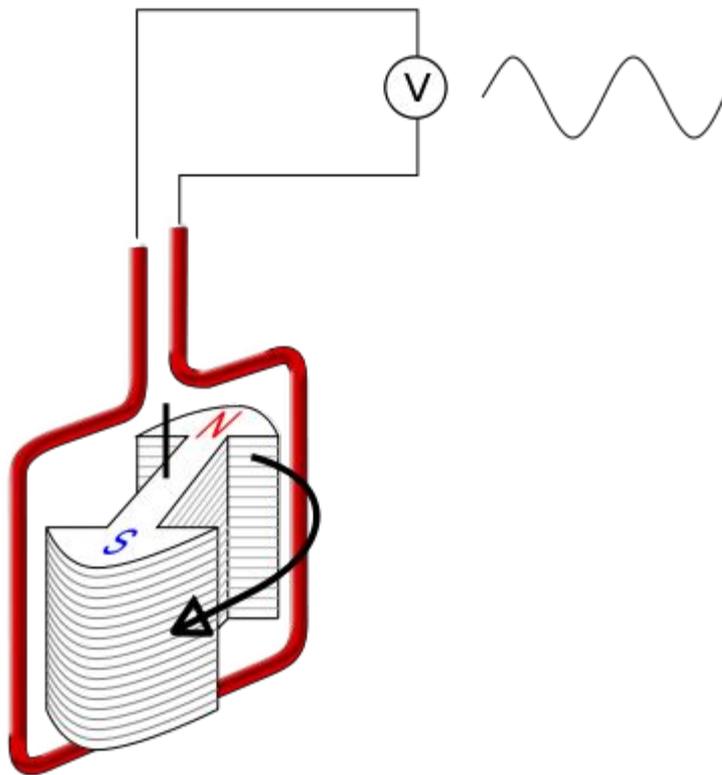


Постоянный ток (DC) - прямая линия

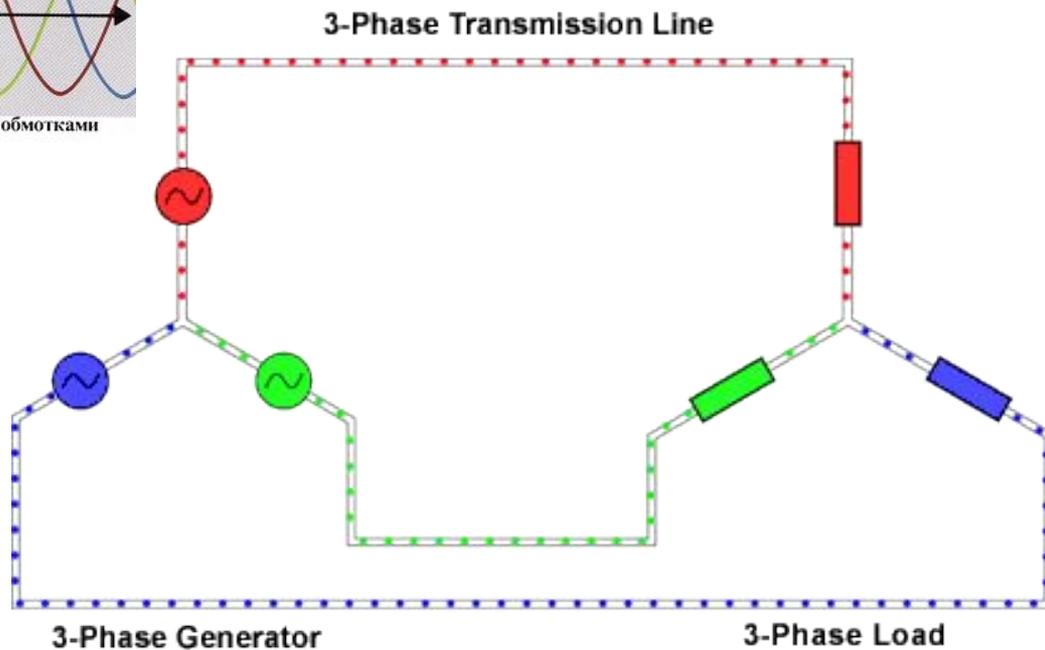
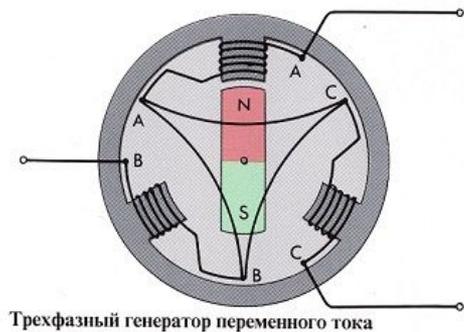
Переменный ток - обычно симметричен относительно 0

Пульсирующий (ток с постоянной составляющей) - любой сигнал, не пересекающий $U = 0V$

Фазы переменного тока



Фазы переменного тока



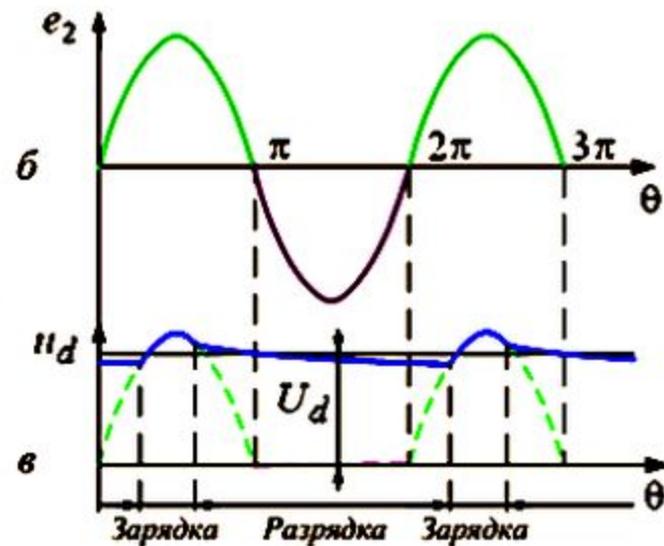
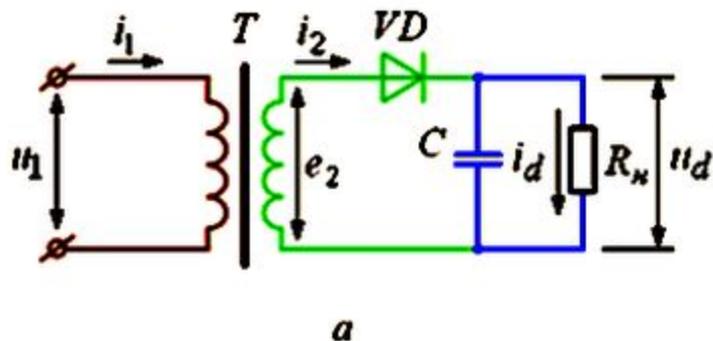
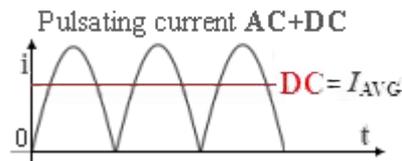
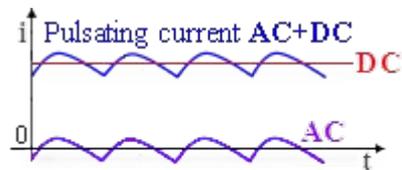
Переменный ток. Практика

- Измерить напряжение блока питания на столе
- Отобразить форму тока на выходе БП с помощью осциллографа
- Измерить напряжение на входе БП
- Измерить напряжение сети

Переменный синусоидальный ток

$$U = U_{avg}$$

$$I = I_{\cdot} = \sqrt{I_{AC}^2 + I_{DC}^2}$$



TVD ХВОСТЫ

Делитель напряжения

Схема мультиметра

Ток и напряжение на переменке

Мощность на переменном токе, в 3Ф схеме

- Допустим, ИП имеет сопротивление 2.5 Ком, ток полного отклонения 100 μ А.
- => полное отклонение достигается при $U = IR \Rightarrow U = 2500 * 0.0001 \Rightarrow 0.25V$
- Этот прибор будет иметь чувствительность 10 кОм/В
- Т.е. На пределе в 100В его сопротивление равно 1 МОм.

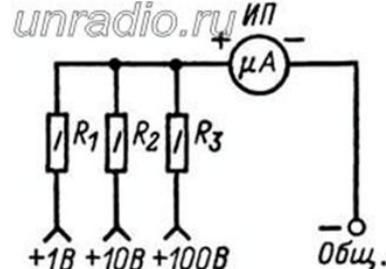


Рис. 231. Вольтметр постоянного тока на три предела измерений.

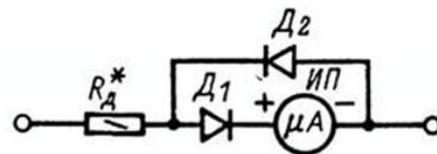


Рис. 232. Вольтметр переменного тока.

Повторение

Пример -- расчёт мощности (тепловыделения)

Делитель напряжения -- пример

Компоненты

- Источники тока
 - Элементы питания и батареи
- Пассивные
- Активные
 - Вакуумные
 - Полупроводниковые

Источники питания

Рис. 11 - обозначения в эквивалентных схемах

Рис. 12.1 - обозначения в принципиальных схемах

Рис. 12.2 - предохранитель и разрядники

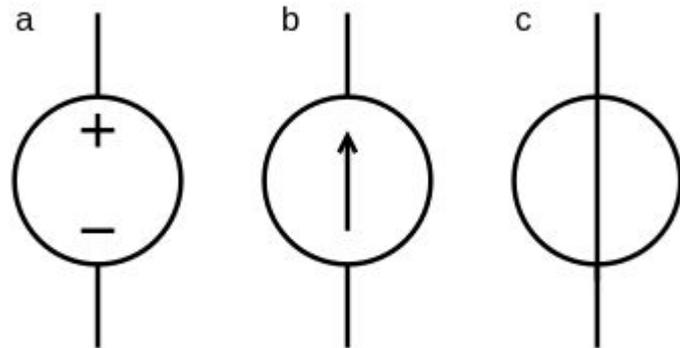


Рис. 11

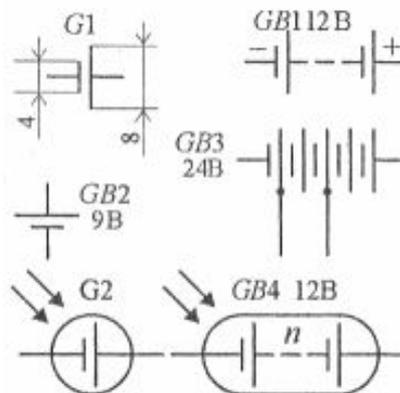


Рис. 12.1

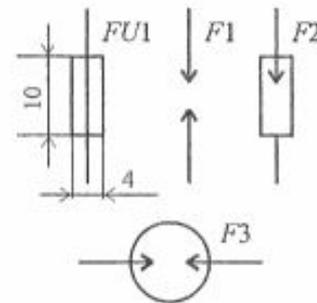


Рис. 12.2

Соединения

65 — одиночное гнездо

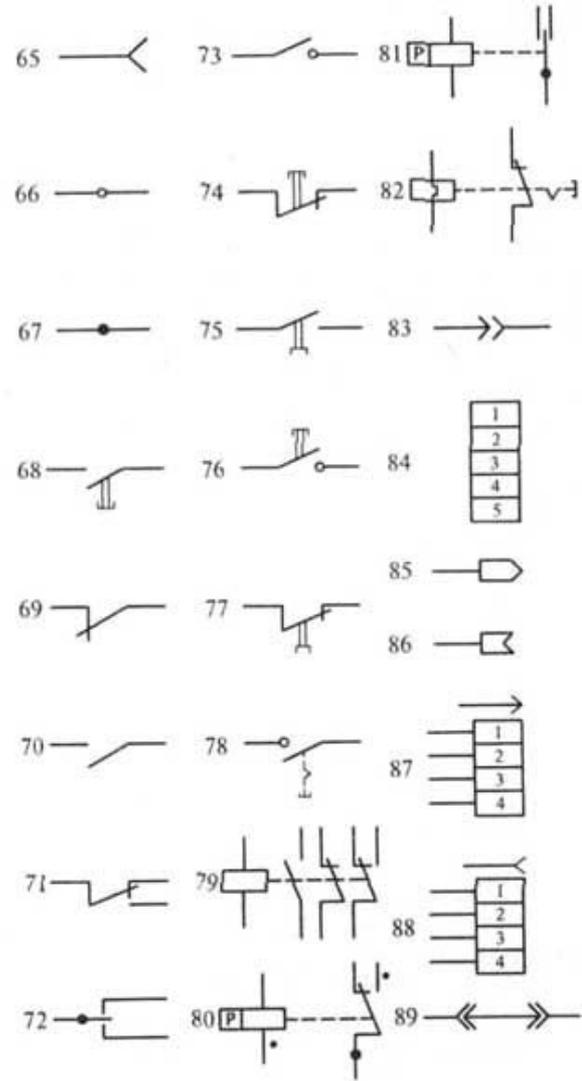
66 — разъёмное соединение (зажим)

67 — неразъёмное соединение (пайка)

68..78 — вы-/переключатели

79..82 — реле

83..89 — разъёмы



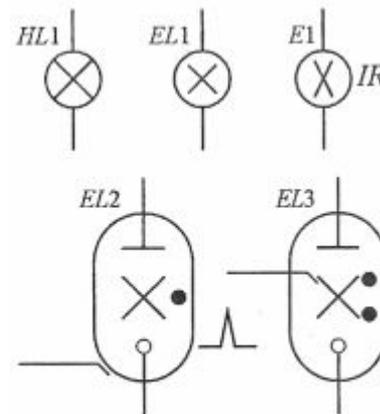
Нагрузки и индикаторы

Лампы накаливания

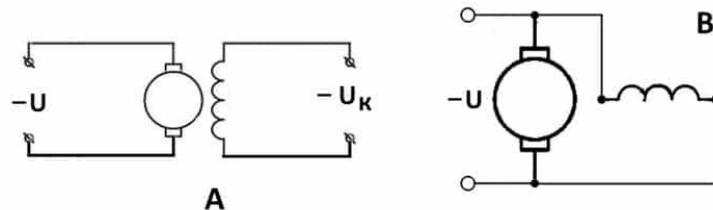
HL — индикаторная лампа

EL — осветительная

Нижний ряд: газоразрядные лампы



Коллекторный двигатель

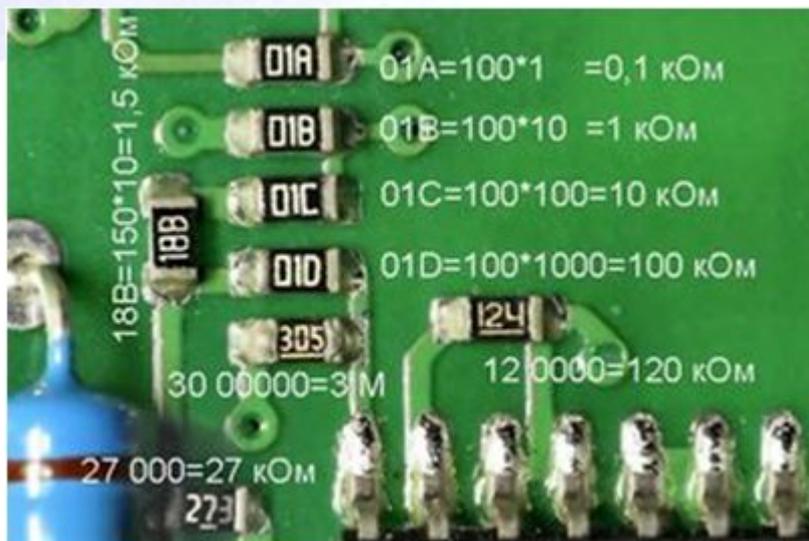
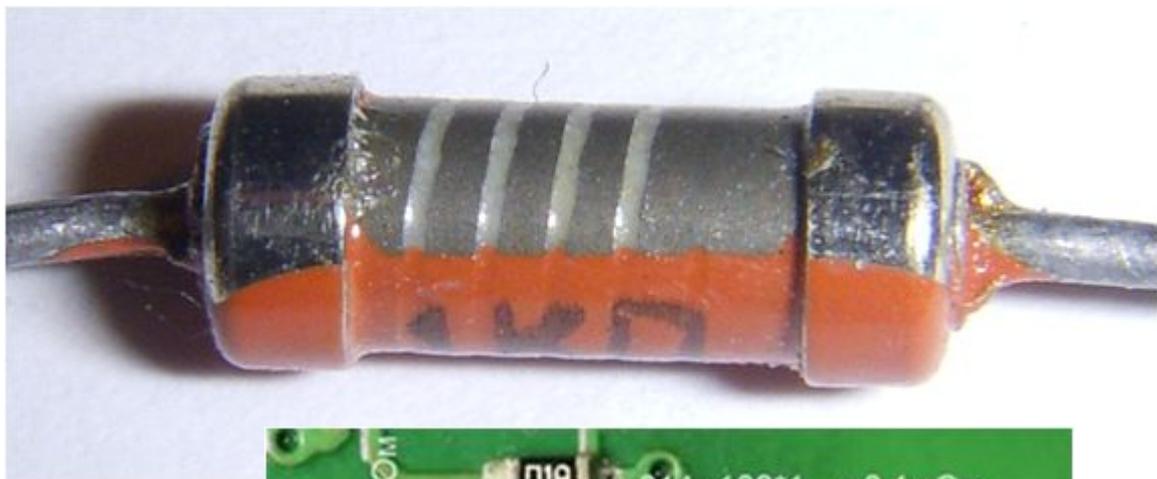


R - резистор

Наиболее простой элемент

Используется для

1. ограничения тока,
2. создания замкнутой цепи и линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, поглощения электрической энергии
3. Элемент для моделирования нагрузки



Параметры резисторов

Номинальное полное сопротивление R

Максимальная рассеиваемая мощность

Точность

Прочность изоляции

С - конденсатор

Накапливает заряд

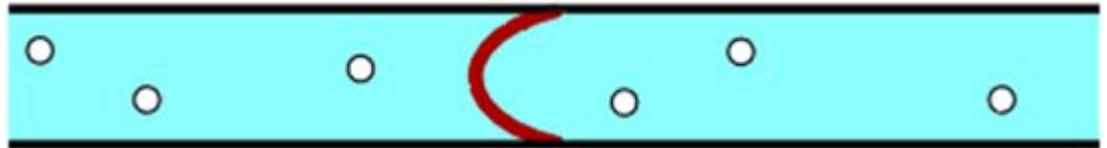
В цепи постоянного тока при подключении начинает течь ток, снижающийся по мере заряда конденсатора

В цепи переменного тока проводит колебания переменного тока посредством циклической перезарядки

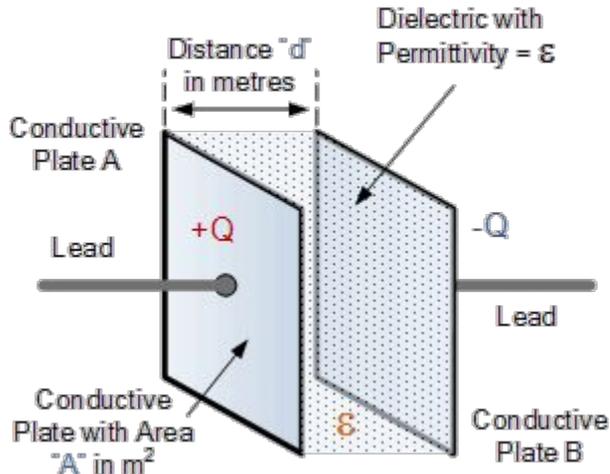
Нужен для задержки и отделения переменной составляющей



Основа конструкции конденсатора — две токопроводящие обкладки, между которыми находится диэлектрик



C - конденсатор



Заряд на обкладке пропорционален U между обкладками и ёмкости конденсатора

$$(q = CU)$$

С - конденсатор

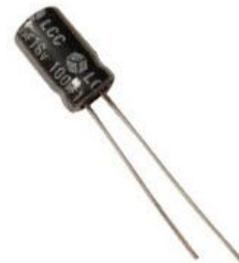
Обозначение
по ГОСТ
2.728-74



Конденсатор постоянной ёмкости



Полярный (обычно электролитический) конденсатор



NONPOLARIZED

POLARIZED



C - конденсатор

Пример: показать заряд-разряд на переменке

Пример: показать заряд и разряд электролитического конденсатора через светодиод и резистор (увеличение R -> дольше процесс, меньше ток)

Параметры конденсаторов

Номинальная ёмкость

=> Фактическая ёмкость может отличаться в зависимости от t , напряжения, возраста конденсатора и т.п.!

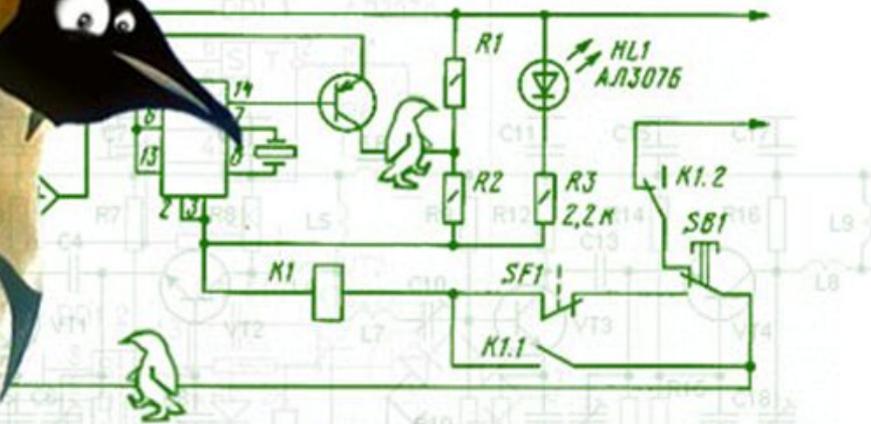
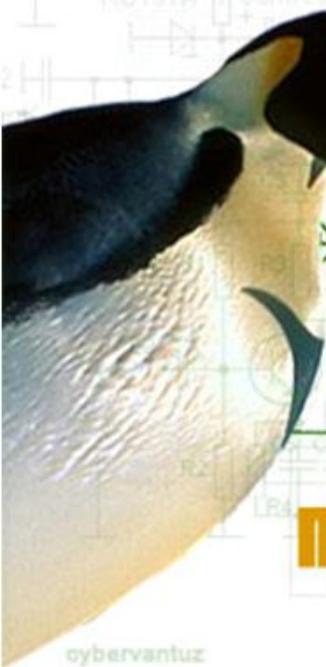
Рабочее напряжение

ESR – эквивалентное последовательное сопротивление

Максимальный рабочий ток

Удельная ёмкость

Пингвин - полярная птица



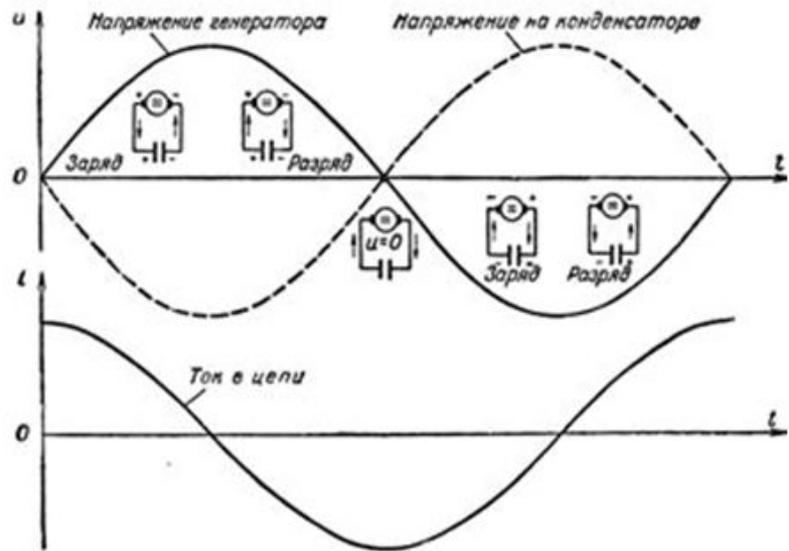
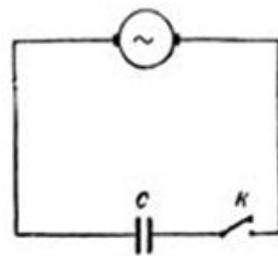
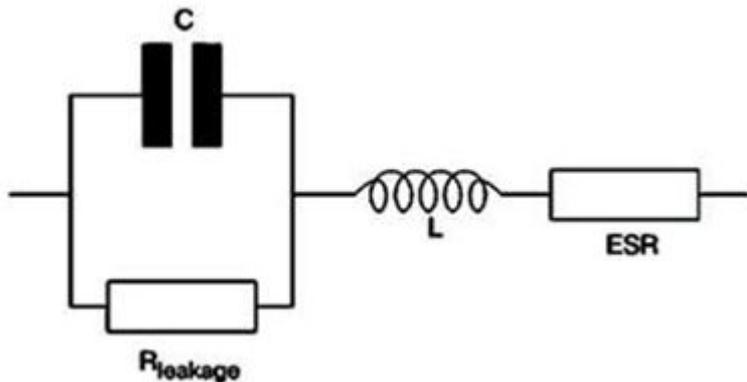
**ПРОВЕРЯЙ ПРАВИЛЬНОСТЬ
СБОРКИ СХЕМЫ!**

cybervantuz

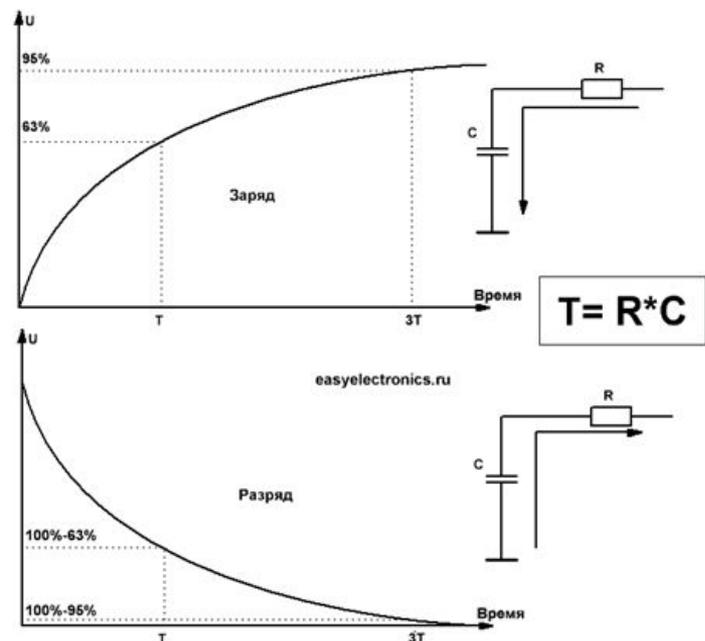


С в цепи переменного тока

- При переменном токе конденсатор постоянно заряжается и разряжается
- Из-за того, что обкладки имеют ненулевое сопротивление, эквивалентная схема С выглядит так:



RC-цепочка



- Основной элемент задержки в аналоговых схемах
- T — постоянная времени, это время при котором величина достигнет 63% от своего максимума.

63% тут взяли не случайно:

$$VALUE_T = \max - 1/e * \max.$$

- $3T$ — а при троекратной постоянной значение достигнет 95% своего максимума.

Скорость заряда. Пример.

- Сколько времени нужно для заряда на 95% конденсатора емкостью 10μF через резистор в 1кОм:

$$T = C \cdot R = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 0.01 \text{с}$$

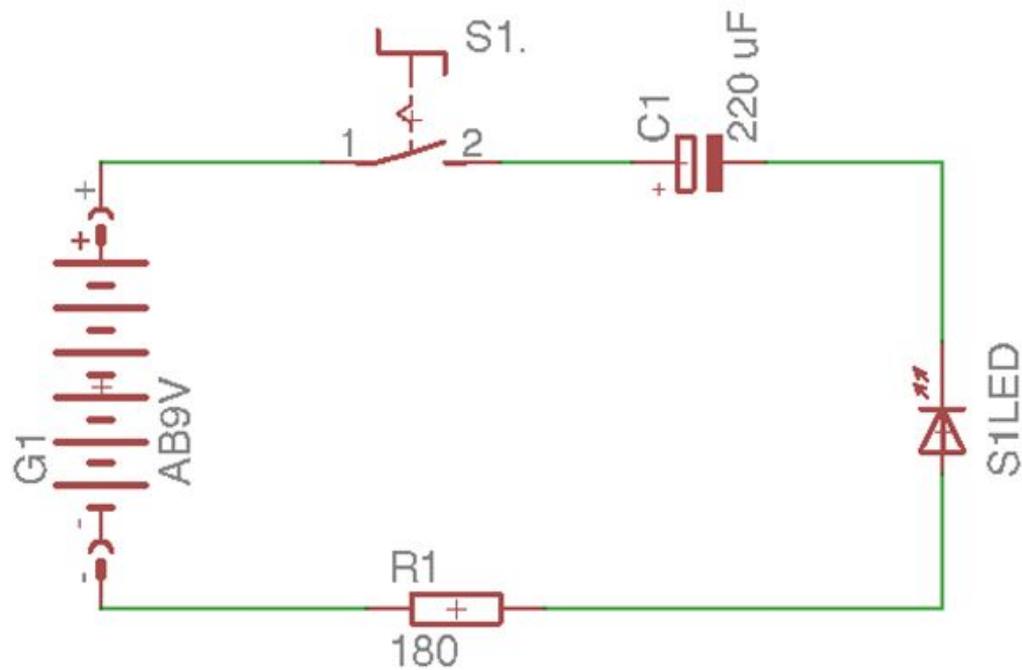
3T = 0.03с : через такое время напряжение на конденсаторе достигнет 95% от напряжения источника.

- Разряд пойдет по тому же закону, только вверх ногами.

Через T времени в на конденсаторе останется всего лишь 100% — 63% = 37% от первоначального напряжения, а через 3T жалкие 5%.

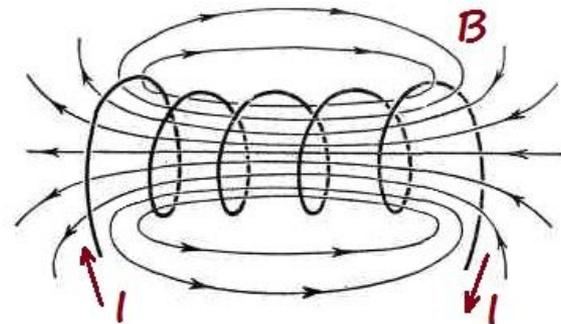
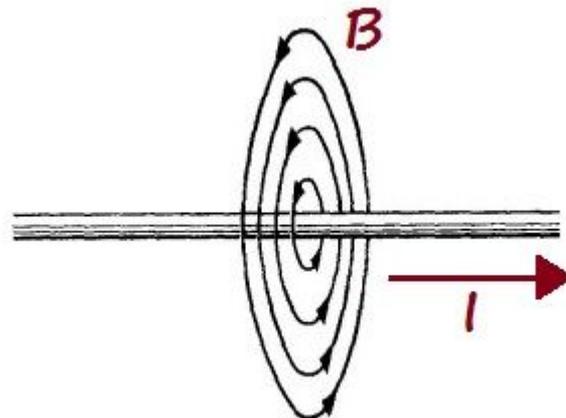
Скорость заряда. Практика

Собрать схему с конденсатором и светодиодом, иллюстрирующую скорость заряда



L - ИНДУКТИВНОСТЬ

Индуктивность – это способность преобразовывать энергию электрического поля в энергию магнитного поля. Это свойство катушки связано с тем, что при протекании по проводнику тока вокруг него возникает магнитное поле. Любой элемент в электрической цепи имеет индуктивность, даже обычный кусок провода. Катушки имеют весьма длинный проводник, и поэтому этот эффект становится заметным



ИНДУКТИВНОСТЬ

$$L = \frac{\mu_0 \mu S N^2}{l}$$

- μ_0 – магнитная проницаемость вакуума. Это табличная величина (константа) и равна она следующему значению: $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$
- μ – магнитная проницаемость магнитного материала сердечника: если катушку намотать не просто на каркас (внутри которого воздух), а на магнитный сердечник, то индуктивность возрастет многократно. Магнитная проницаемость воздуха равна 1, для никеля она может достигать величины 1100.
- S – площадь поперечного сечения катушки
- N – количество витков
- l – длина катушки

Из формулы следует, что при увеличении числа витков или, к примеру, диаметра (а соответственно и площади поперечного сечения) катушки, индуктивность будет увеличиваться. А при увеличении длины – уменьшаться. Таким образом, витки на катушке стоит располагать как можно ближе друг к другу, поскольку это приведет к уменьшению длины катушки.

L - катушка индуктивности

Каркас в форме тора



Каркас в форме цилиндра



Индуктивность

При замыкании выключателя ток через катушку (I_L) начнет изменяться, поскольку в предыдущий момент времени он был равен 0. Изменение тока приведет к изменению магнитного потока внутри катушки, что, в свою очередь, вызовет возникновение ЭДС (электродвижущей силы) самоиндукции.

Возникновение ЭДС приведет к появлению индукционного тока в катушке, который будет протекать в направлении, противоположном направлению тока источника питания. Таким образом, ЭДС самоиндукции будет препятствовать протеканию тока через катушку (индукционный ток будет компенсировать ток цепи из-за того, что их направления противоположны). => в начальный момент времени (непосредственно после замыкания выключателя) ток через катушку будет равен 0. В этот момент времени ЭДС самоиндукции максимальна. Поскольку величина ЭДС прямо пропорциональна скорости изменения тока, то она будет постепенно ослабевать, а ток, соответственно, наоборот будет возрастать.

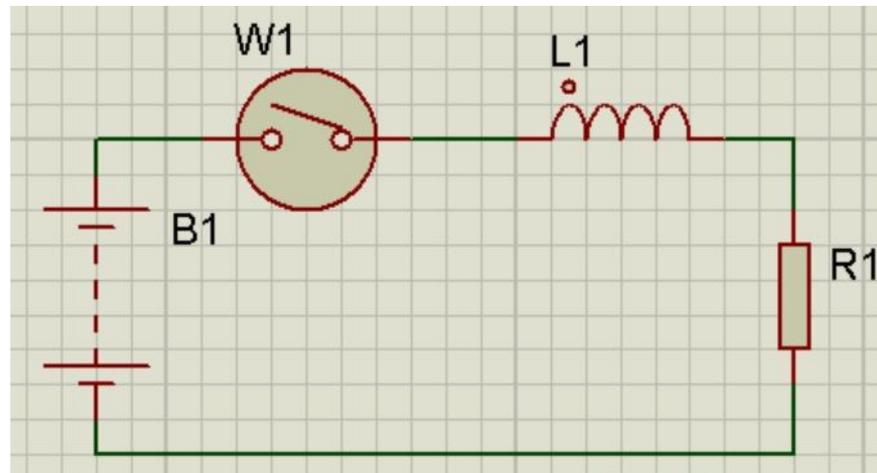


График U и I при замыкании

После замыкания ключа ток отсутствует из-за возникновения ЭДС самоиндукции, а затем начинает плавно возрастать. Напряжения на катушке наоборот в начальный момент времени максимально, а затем уменьшается. График напряжения на нагрузке будет по форме (но не по величине) совпадать с графиком тока через катушку (поскольку при последовательном соединении ток, протекающий через разные элементы цепи одинаковый). Таким образом, если в качестве нагрузки мы будем использовать лампу, то она загорится не сразу после замыкания переключателя, а с небольшой задержкой (в соответствии с графиком тока).

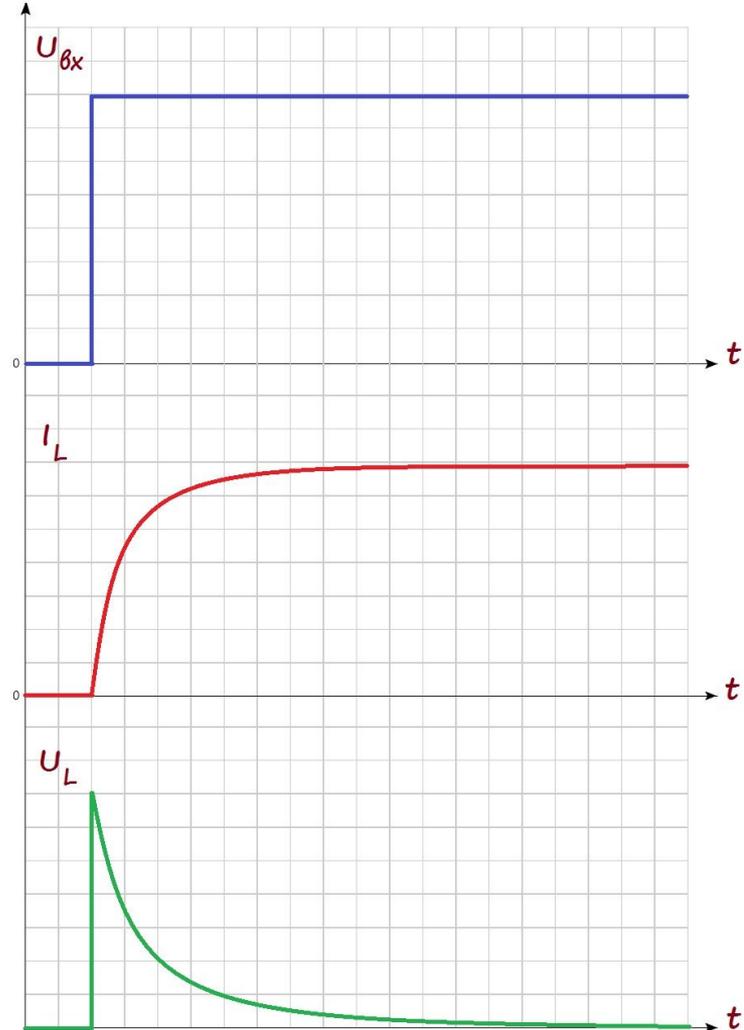
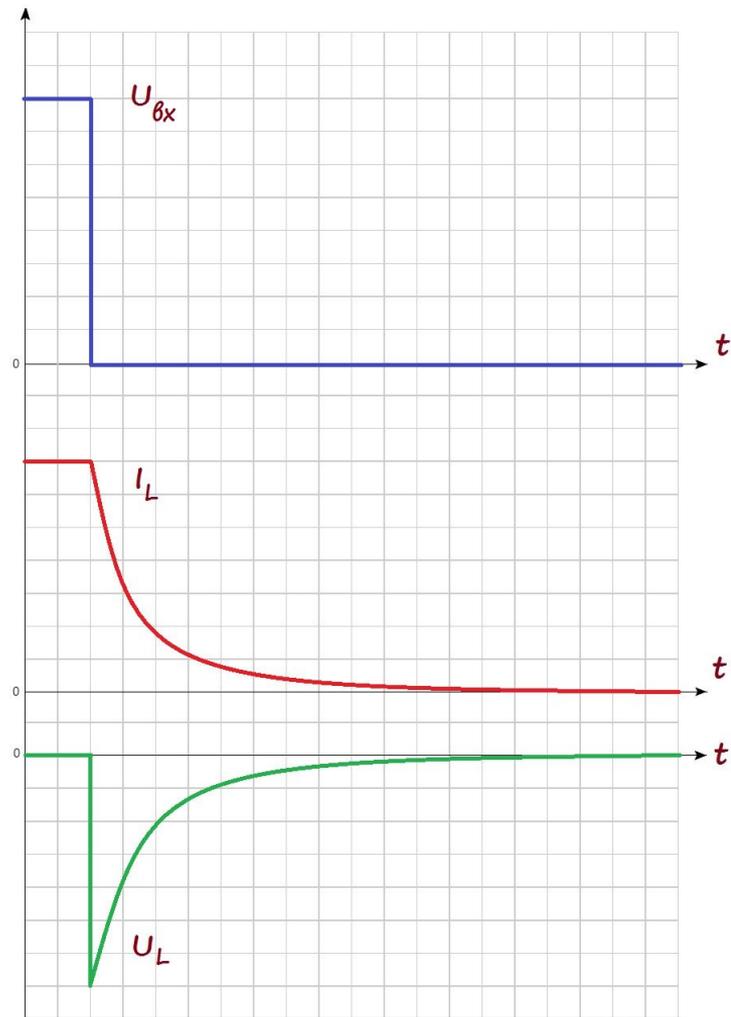


График U и I при размыкании

Аналогичный переходный процесс в цепи будет наблюдаться и при размыкании ключа. В катушке индуктивности возникнет ЭДС самоиндукции, но индукционный ток в случае размыкания будет направлен в том же самом направлении, что и ток в цепи, а не в противоположном, поэтому запасенная энергия катушки индуктивности пойдет на поддержание тока в цепи:



L в цепи переменного тока

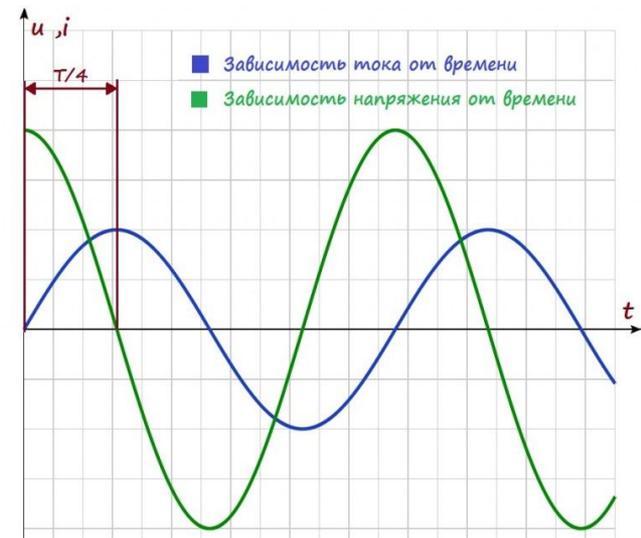
При увеличении тока (участки 1-2 и 3-4) ЭДС самоиндукции и ток имеют разные знаки (участок 1-2, 3-4). Таким образом, ЭДС самоиндукции препятствует возрастанию тока (индукционные токи направлены “навстречу” току источника). А на участках 2-3 и 4-5 все наоборот – ток убывает, а ЭДС препятствует убыванию тока (поскольку индукционные токи будут направлены в ту же сторону, что и ток источника и будут частично компенсировать уменьшение тока).

Следовательно, катушка индуктивности оказывает сопротивление переменному току, протекающему по цепи. А значит она имеет сопротивление, которое называется индуктивным или реактивным и вычисляется следующим образом:

$$X_L = \omega L$$

, где ω – круговая частота: $\omega = 2\pi f$. f – это частота переменного тока.

При включении катушки индуктивности в цепь переменного тока в цепи появляется сдвиг фаз между напряжением и током, при этом ток отстает по фазе от напряжения на четверть периода.



L - ИНДУКТИВНОСТЬ

Технически: катушка без сердечника (магнитопровода) или на нём

В схеме работает обратно конденсатору: проводит постоянный ток (имея некоторое, небольшое, сопротивление) и имеет реактивное сопротивление (импеданс) на переменном токе определённой частоты

Линия вдоль катушки - обозначение сердечника

Основной параметр - индуктивность (L) в Генри (Гн, Н)

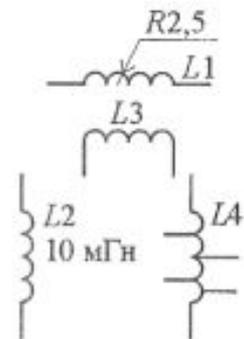


Рис. 4.1

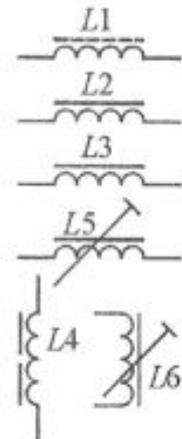


Рис. 4.2

Полезные ссылки

<http://cxem.net/beginner/beginner9.php> - обозначения компонентов на схемах

<http://radio-hobby.org/modules/instruction/graficheskie-oboznacheniya-na-el/vvedeniye>

<https://microtechnics.ru/ustrojstvo-i-princip-raboty-katushki-induktivnosti/>