

Презентация по физике для проведения урока по теме:

R, C, L в цепи переменного тока

Вопросы для изучения:

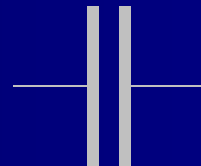
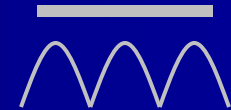
- 1. Действующие значения тока и напряжения. Активное сопротивление в цепи \sim тока**
- 2. Конденсатор в цепи \sim тока**
- 3. Индуктивность в цепи \sim тока**
- 4. Использование частотных свойств конденсатора и катушки индуктивности**



R C L

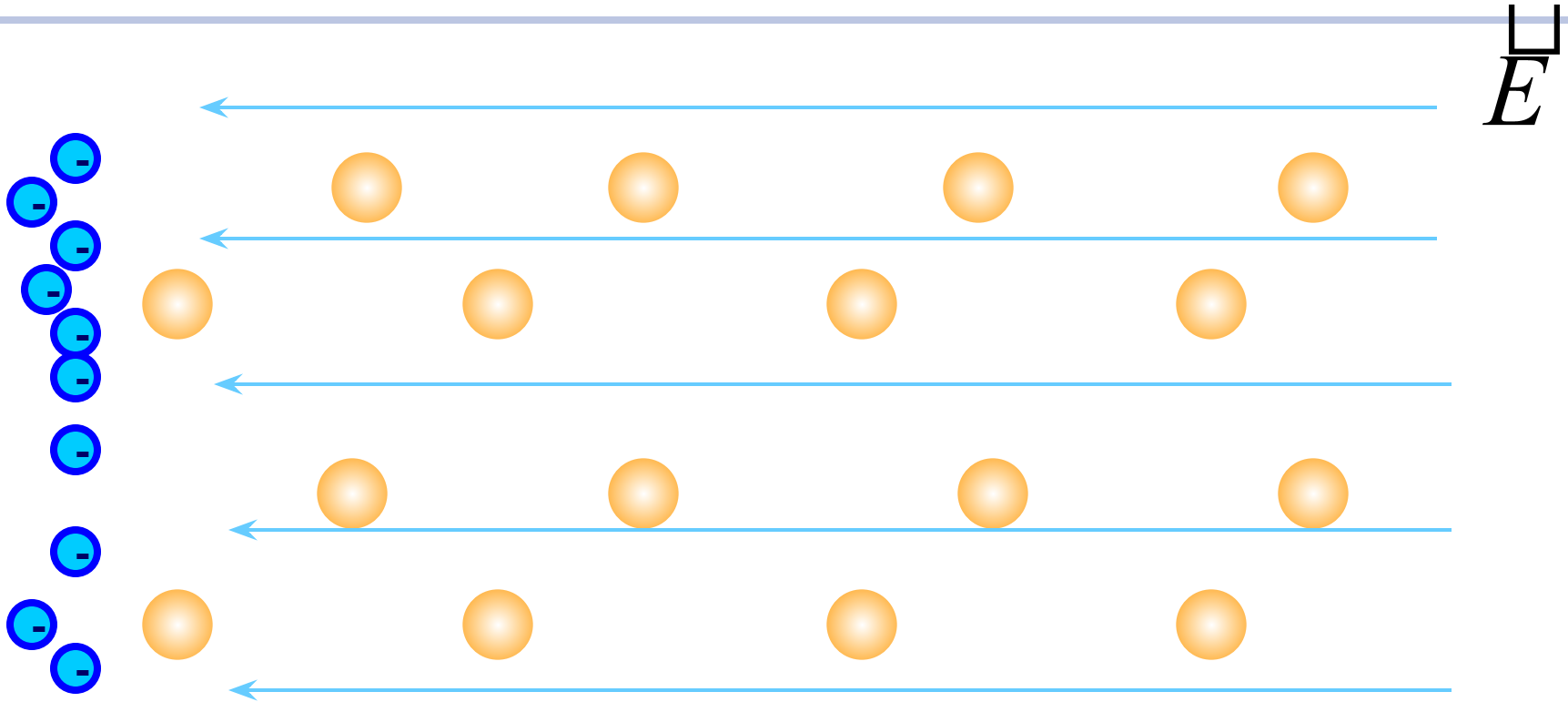


в цепи переменного тока -1



1. Действующие значения тока и напряжения. Активное сопротивление в цепи переменного тока

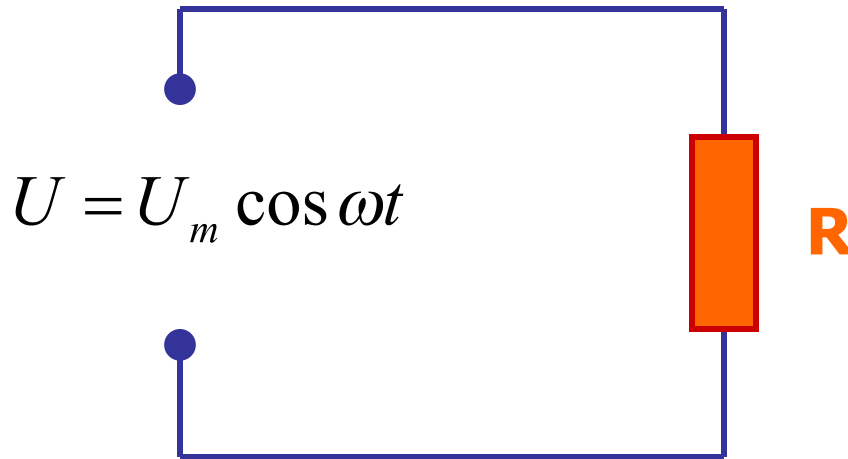
Для рассмотрения этого вопроса давайте вспомним, чем обусловлено сопротивление проводника прохождению тока через него:



При прохождении тока через проводник свободные электроны испытывают соударения с атомами кристаллической решетки, передавая им часть своей энергии. При этом внутренняя энергия проводника увеличивается (он нагревается и оказывает сопротивление току)

Такой вид сопротивления называется **активным** (есть еще один вид сопротивления – реактивное, не вызывающее нагрева проводника и обусловленное другими процессами)

Рассмотрим активное сопротивление в цепи переменного тока:



Мгновенное значение силы тока через активное сопротивление пропорционально мгновенному значению напряжения

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t$$

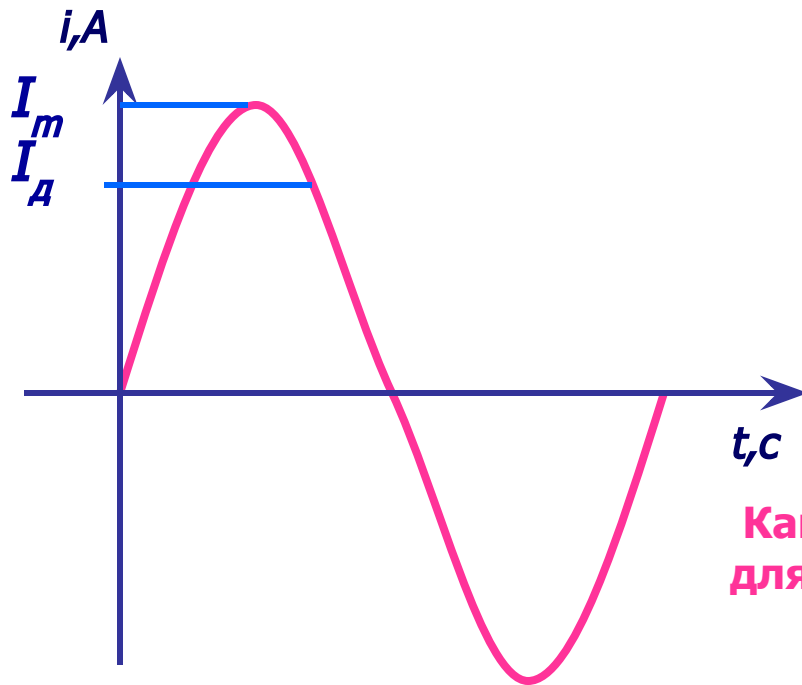
Колебания напряжения и силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе

Графики изменения напряжения и силы тока на активном сопротивлении



Колебания напряжения и силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе

Введем понятие действующего значения напряжения и силы тока:



При прохождении переменного тока через проводник, как видно из графика, его значение не остается постоянным:

Ток плавно изменяется от нуля до амплитудного значения. Значит и тепловое действие тока различно в разные моменты времени.

Какое значение тока можно использовать для расчета работы и мощности тока ?

Понятно, что необходимо брать усредненное значение, называемое **действующим значением силы тока** (т.е действие переменного тока заменяется действием постоянного тока, дающего такой же тепловой эффект)

$$I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,7 I_m$$

Аналогично действующее значение напряжения:

$$U_{\partial} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,7I_m$$

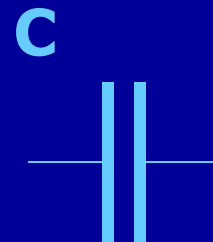
Тогда действующая мощность (средняя мощность):

$$P = U_{\partial} I_{\partial}$$

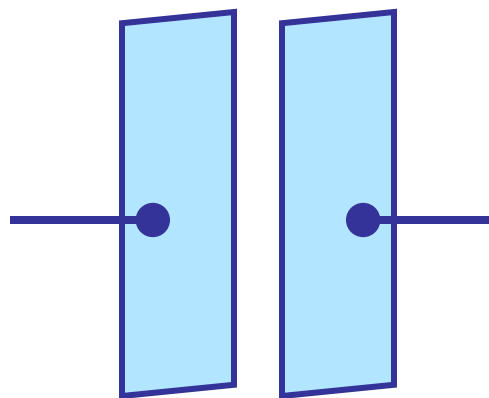
а выделяемое в проводнике тепло:

$$Q = U_{\partial} I_{\partial} \Delta t = I_{\partial}^2 R \Delta t = \frac{U_{\partial}^2}{R} \Delta t$$

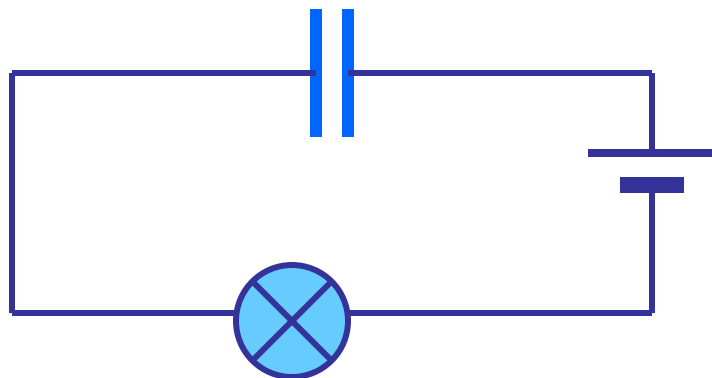
2. Конденсатор в цепи переменного тока



Давайте вспомним, что такое конденсатор



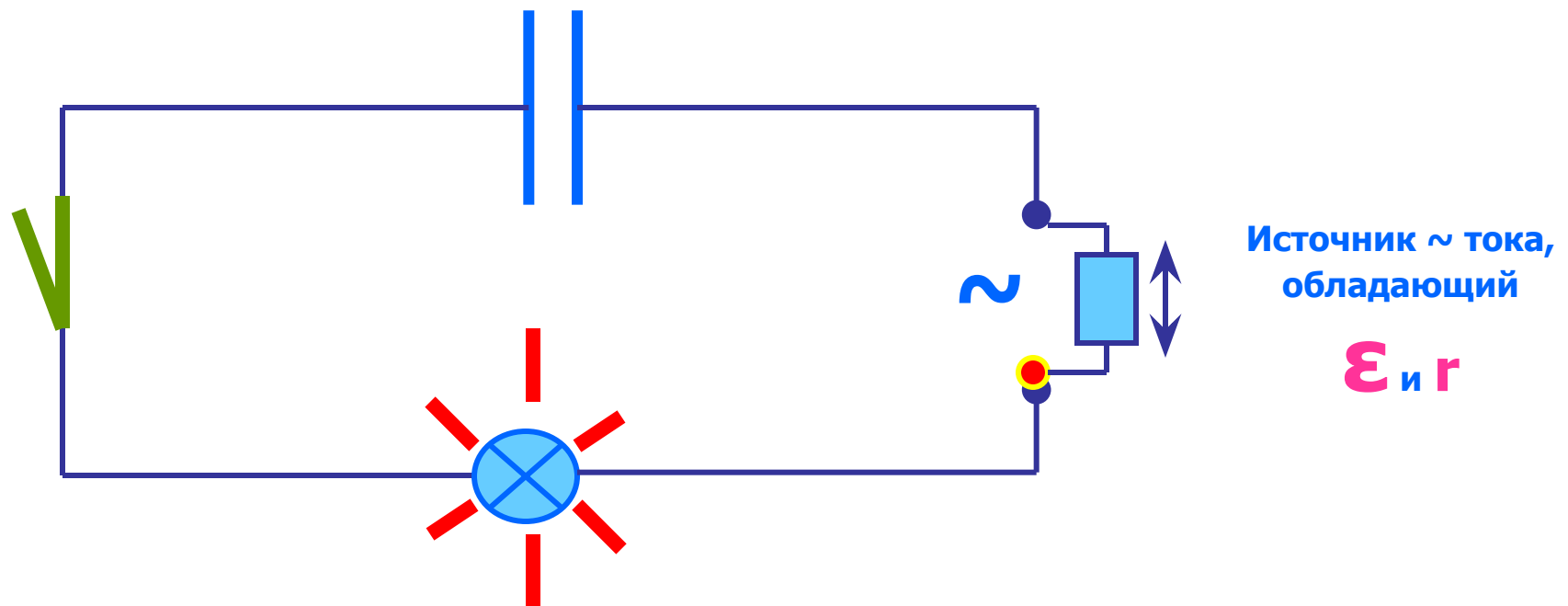
Конденсатор – это система из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика (воздуха, слюды, керамики ...)



Ясно, что конденсатор – это разрыв в цепи (подобно разомкнутому выключателю), поэтому **постоянный ток конденсатор не проводит**

Посмотрим, как ведет себя конденсатор в цепи переменного тока:

Замкнем цепь и понаблюдаем движение электронов в цепи:



Мы видим, что ток между обкладками конденсатора по-прежнему не идет, однако вследствие **перезарядки конденсатора** через лампочку идет переменный ток – т.е. конденсатор проводит переменный ток

Итак, конденсатор проводит переменный ток, однако он оказывает току сопротивление, которое называется **емкостным сопротивлением**

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

X_C - емкостное сопротивление

ω - циклическая частота протекающего тока

C – емкость конденсатора

ν - частота тока

Проанализируем формулу емкостного сопротивления:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

Из формулы видно, что сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте протекающего тока и его емкости :

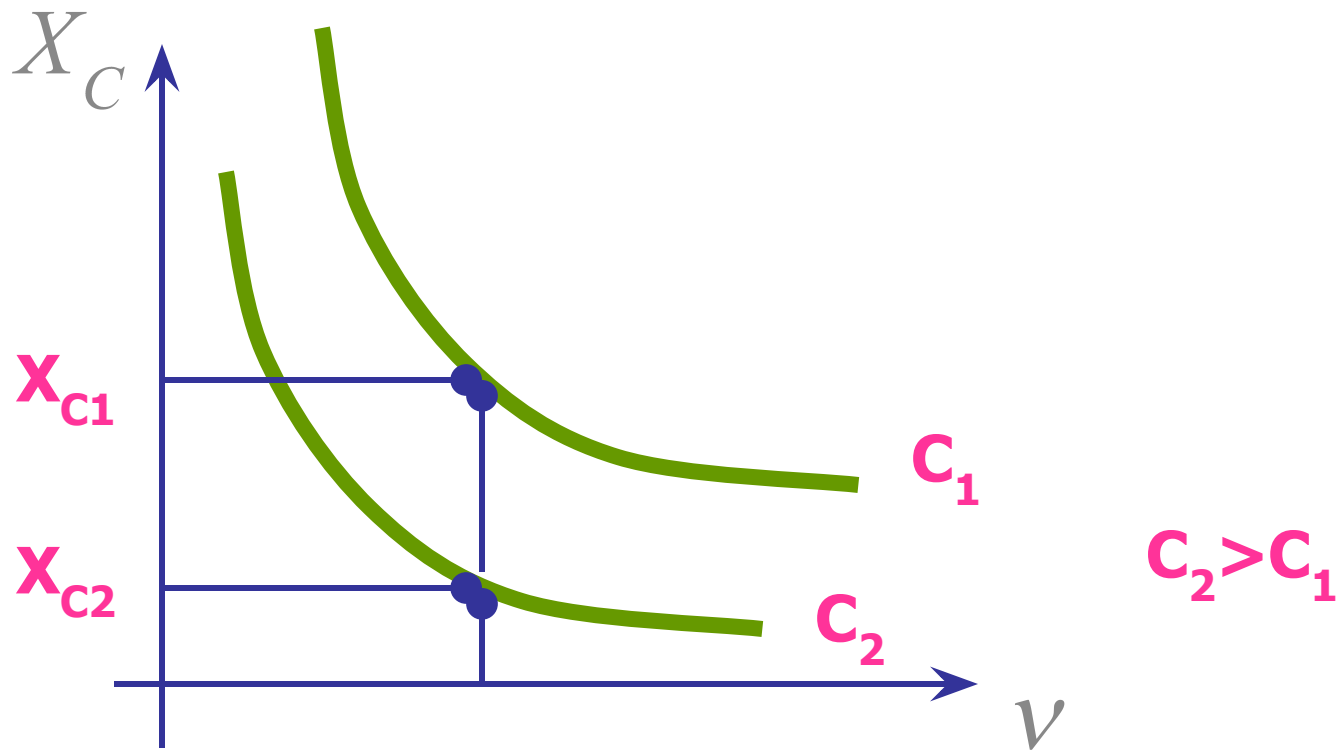
$$\nu \uparrow \Rightarrow X_C \downarrow$$

$$\nu = \infty \Rightarrow X_C = 0$$

$$\nu = 0 \Rightarrow X_C = \infty$$

Сопротивление конденсатора уменьшается с ростом частоты, значит конденсатор хорошо проводит высокочастотные колебания и плохо – низкочастотные, а постоянный ток вообще не проводит

График зависимости сопротивления конденсатора от частоты:



Сопротивление конденсатора зависит и от его емкости:
при фиксированной частоте конденсатор с большей емкостью будет обладать меньшим сопротивлением

Сдвиг фаз между напряжением и током:

Если напряжение на конденсаторе меняется по закону:

$$U = U_m \cos \omega t$$

то заряд на конденсаторе равен:

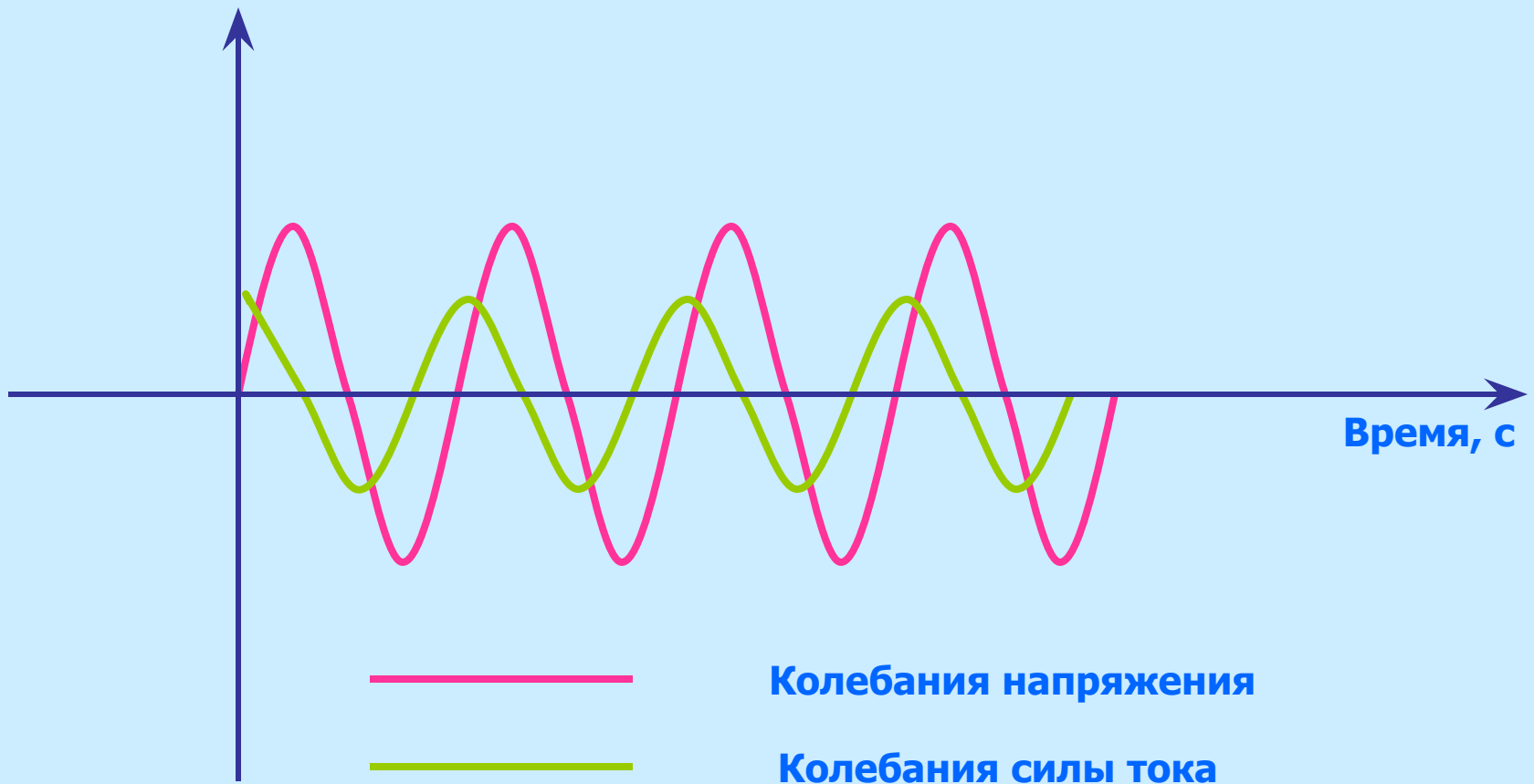
$$q = CU_m \cos \omega t$$

тогда сила тока в цепи:

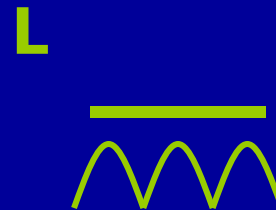
$$i = q' = (CU_m \cos \omega t)' = -U_m C \omega \sin \omega t =$$
$$U_m C \omega \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Колебания тока на конденсаторе опережают колебания напряжения на $\pi/2$

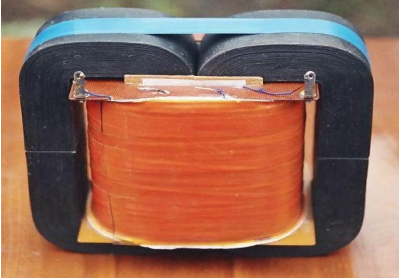
Графики тока и напряжения на конденсаторе:



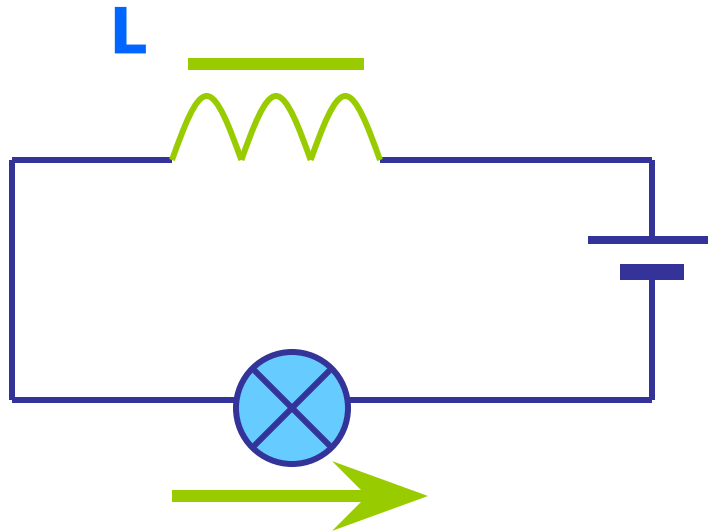
3. Индуктивность в цепи переменного тока



Давайте вспомним, что такое индуктивность



Индуктивность L – это физическая величина, подобная массе в механике. Как в механике для изменения скорости тела нужно время, и масса является мерой этого времени (**инерция**), так и электродинамике для изменения тока через проводник нужно время и индуктивность является мерой этого времени (**самоиндукция**)



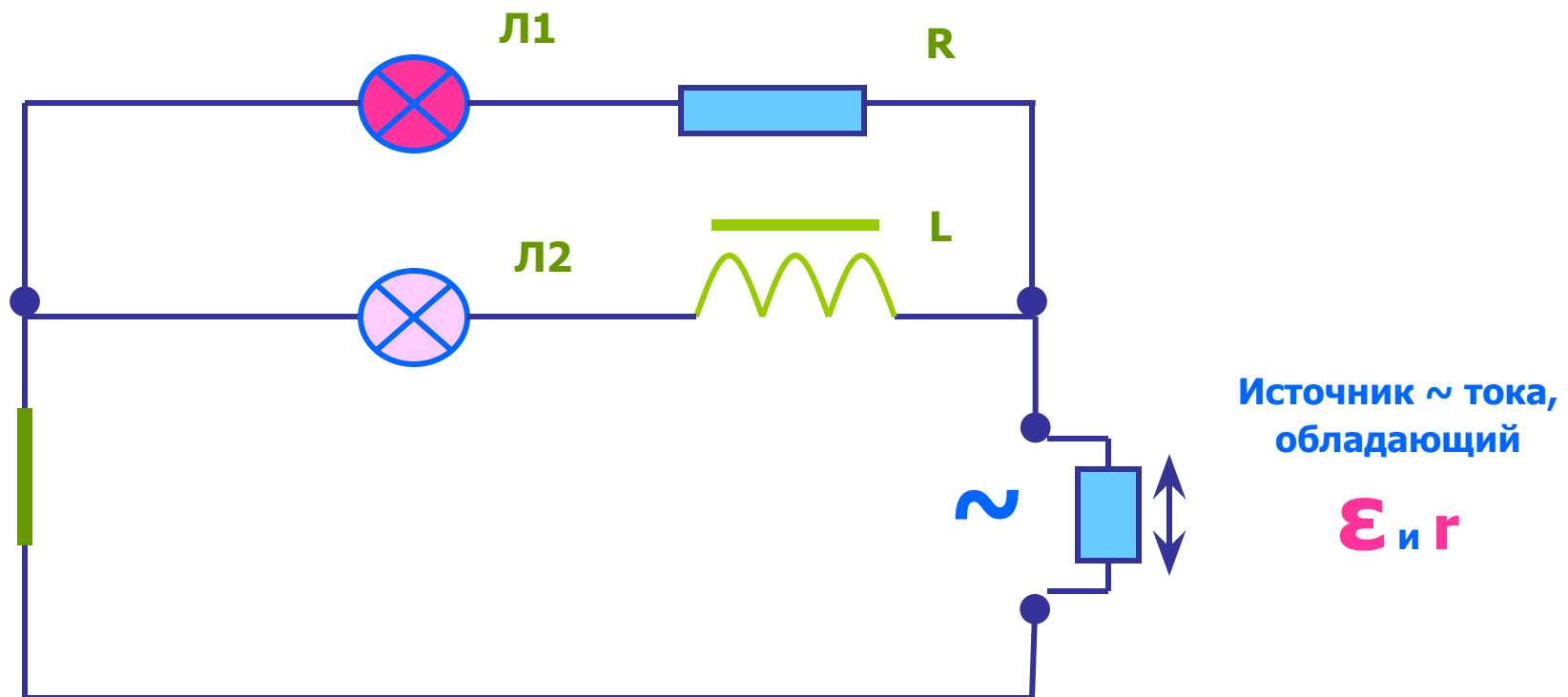
Катушка индуктивности – это обычный проводник с необычной формой, обладающий активным сопротивлением.

Поэтому катушка хорошо проводит постоянный ток, значение которого ограничено только его активным сопротивлением

Явление самоиндукции возникает только в моменты включения и выключения (препятствует любому изменению тока)

Посмотрим, как ведет себя индуктивность в цепи переменного тока:

Замкнем цепь и сравним яркость горения лампочек 1 и 2



В цепи сопротивление R выберем равным активному сопротивлению L

Лампочка $L1$ горит гораздо ярче, чем $L2$

Почему ?

Все дело в **явлении самоиндукции**, возникающей в катушке при любом изменении тока, которое мешает этому изменению – поэтому у катушки индуктивности кроме активного сопротивления провода, из которой она сделана, появляется еще одно сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции и называемое **индуктивным сопротивлением** X_L

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

ω - циклическая частота протекающего тока

L – индуктивность катушки

ν - частота тока

Проанализируем формулу индуктивного сопротивления:

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

Из формулы видно, что индуктивное сопротивление прямо пропорционально частоте протекающего тока и индуктивности

$$\nu \uparrow \Rightarrow X_L \uparrow$$

$$\nu = \infty \Rightarrow X_L = \infty$$

$$\nu = 0 \Rightarrow X_L = 0$$

Индуктивное сопротивление увеличивается с ростом частоты, значит катушка хорошо проводит низкочастотные колебания и плохо – высокочастотные, а для постоянного тока оно равно нулю

Сдвиг фаз между напряжением и током:

Если ток в катушке изменяется по закону:

$$i = I_m \cos \omega t$$

то напряжение на катушке изменяется по закону:

$$U = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Ток в катушке индуктивности отстает от напряжения $\pi/2$

Правило:

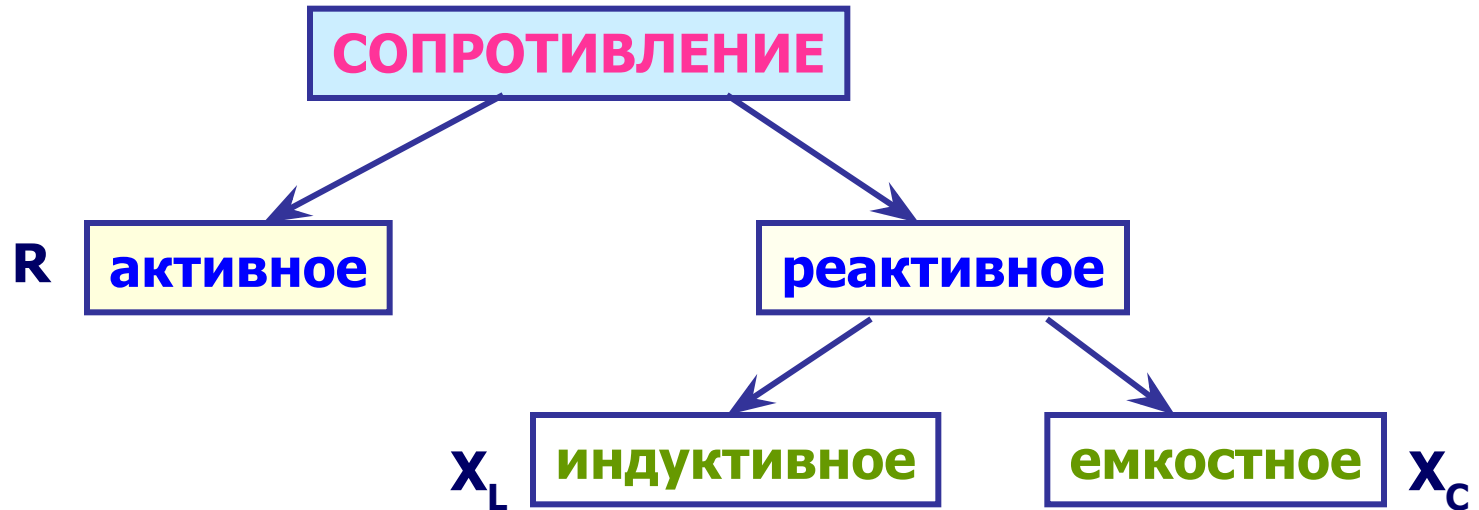
CIVIL

Графики тока и напряжения на индуктивности:



4. Использование частотных свойств конденсатора и катушки ИНДУКТИВНОСТИ

Таким образом, в цепи переменного тока можно выделить 3 вида сопротивлений (или три вида элементов, оказывающих сопротивление току)



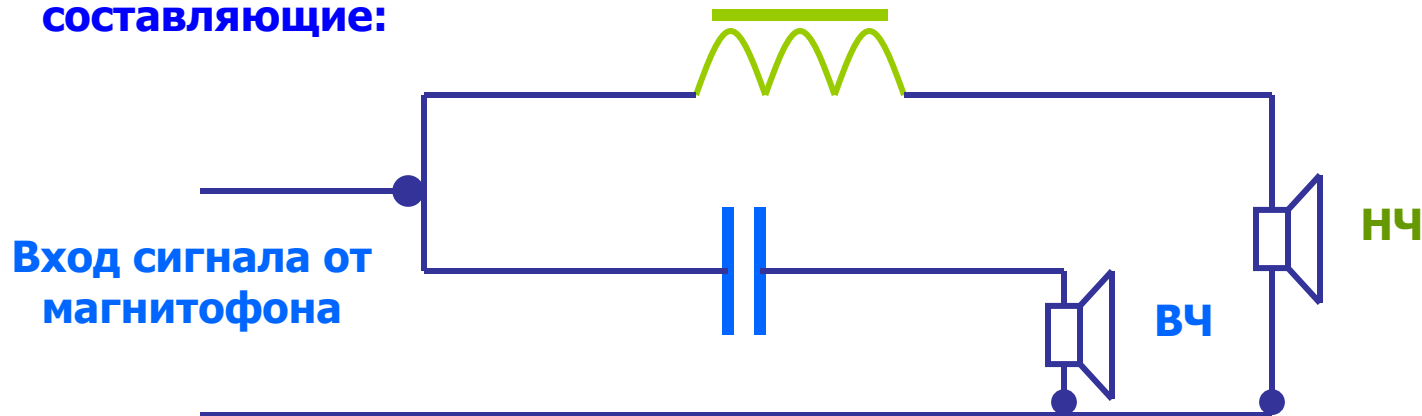
Реальные электрические цепи содержат все виды сопротивлений (активное, индуктивное и емкостное), поэтому ток в реальной цепи зависит от ее полного (эквивалентного) сопротивления, а сдвиг фаз определяется величиной L и C цепи

Итак,

- конденсатор хорошо проводит ВЧ колебания, и плохо – НЧ колебания
- катушка наоборот: хорошо НЧ колебания и плохо – ВЧ колебания

Эти свойства позволяют создать:

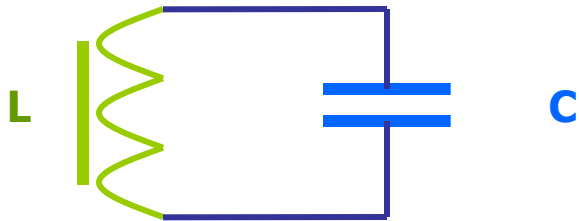
1. Различные **частотные фильтры** – схемы, позволяющие выделить из всего сигнала (например от магнитофона) НЧ и ВЧ составляющие:



! Объясните на основе свойств конденсатора и катушки действие частотного фильтра, представленного на схеме

Используя различные значения R , L и C , можно создавать фильтры с заданными параметрами (полосой пропускания)

2. Электрический **колебательный контур**, состоящий из конденсатора и катушки индуктивности

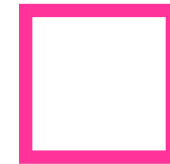


Колебательный контур обладает замечательным свойством – пропускать колебания (резонировать) только **определенной частоты**, зависящей от емкости конденсатора и индуктивности катушки

$$\nu_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Эти свойства контура широко применяются в радио и телеприемной и передающей аппаратуре для селекции сигналов



**На этом урок закончен, на
следующем уроке мы рассмотрим
примеры решения задач на
частотные свойства конденсатора и
катушки индуктивности в цепи
переменного тока, действующие
значения электрических величин**

Домнин Константин Михайлович

E – mail: kdomnin@list.ru

2006 год.