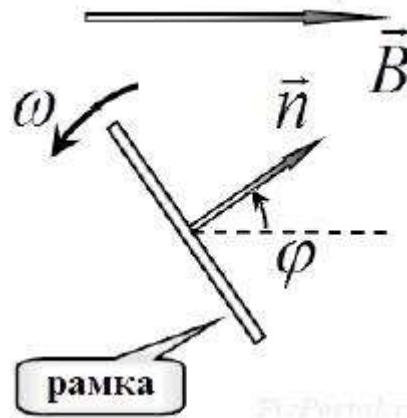


Информация для размещения на официальном сайте ГБПОУ «Светлоградский региональный сельскохозяйственный колледж»

Для электронного обучения

Группа	111
Дата	8.11.2021
Время	12.10-13.00
Наименование УД/МДК/УП/ПП	Основы электротехники
Ф.И.О. преподавателя	Толмачева М. Н.
Электронная почта	89197398692
Основная литература	Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника. М.: Энергия, 2015. Немцов М. В., Светлакова И. Н. Электротехника/Серия «Учебники. Учебные пособия». Ростов – н/Д: Феникс, 2017.
Тема	Расчёт активного, индуктивного, емкостного сопротивления в цепях переменного тока.
Задание	<b>Переменный электрический ток</b>  Электромагнитные колебания, как и механические, бывают двух типов: свободные и вынужденные. Свободные электромагнитные колебания, всегда колебания затухающие. Поэтому на практике они почти не используются. В то время, как вынужденные колебания используются везде и повсеместно. Ежедневно мы с вами можем наблюдать эти колебания. Все наши квартиры освещены с помощью переменного тока. Переменный ток есть не что иное, как вынужденные электромагнитные колебания. Сила тока и напряжение будут меняться с течением времени согласно гармоническому закону. Колебания, например, напряжения можно обнаружить, если подать напряжение из розетки, на осциллограф. На экране осциллографа появится синусоида. Можно вычислить частоту переменного тока. Она будет равняться частоте электромагнитных колебаний. Стандартная частота для промышленного переменного тока принята равной 50 Гц. То есть за 1 секунду направление тока в розетке меняется 50 раз. Изменение напряжения на концах цепи будет вызывать за собой изменение силы тока в цепи колебательного контура. Следует всё же понимать, что изменение электрического поля во всей цепи не происходит мгновенно. Но так как это время, значительно меньше, чем период колебания напряжения на концах цепи, то обычно считают, что электрическое поле в цепи сразу

же меняется, как меняется напряжение на концах цепи. Переменное напряжение создается генераторами на электростанциях. Простейшим генератором можно рассматривать проволочную рамку, которая вращается в однородном магнитном поле.



Магнитный поток, пронизывающий контур, будет постоянно меняться и будет пропорционален косинусу угла между вектором магнитной индукции и нормалью к рамке. Если рамка вращается равномерно, то угол будет пропорционален времени.

Следовательно, магнитный поток будет изменяться по гармоническому закону:

$$\Phi = BS \cos(\omega t)$$

Скорость изменения магнитного потока, взятая с обратным знаком, согласно закону ЭМИ, будет равняться ЭДС индукции.

$$E_i = -\Phi' = E_m \sin(\omega t).$$

Если к рамке подключить колебательный контур, то угловая скорость вращения рамки определит частот колебаний напряжения на различных участках цепи и силы тока. В дальнейшем мы будем рассматривать только вынужденные электромагнитные колебания.

Они описываются следующими формулами:

$$u = U_m \sin(\omega t),$$

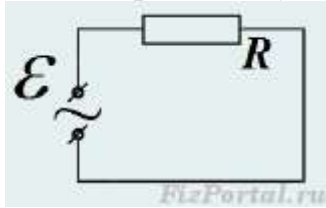
$$i = I_m \cos(\omega t)$$

Здесь  $U_m$  – амплитуда колебаний напряжения. Напряжение и сила тока меняются с одинаковой частотой  $\omega$ . Но колебания напряжения не всегда будут совпадать с колебаниями силы тока, поэтому лучше использовать более общую формулу:

$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $I_m$  – амплитуда колебаний силы тока, а  $\varphi$  – сдвиг фаз между колебаниями силы тока и напряжения.

### Активное сопротивление

Рассмотрим следующую цепь.



Она состоит из источника переменного напряжения, соединительных проводов и некоторой нагрузки. Причем индуктивность нагрузки очень мала, а сопротивление  $R$  очень велико. Эту нагрузку мы раньше называли сопротивлением. Теперь будем называть её активным сопротивлением.

Сопротивление  $R$  называют активным, так как если в цепи будет нагрузка с таким сопротивлением, цепь будет поглощать энергию, поступающую от генератора. Будем считать, что напряжение на зажимах цепи подчиняется гармоническому закону:

$$U = U_m \cos(\omega t).$$



Мгновенное значение силы тока можем вычислить по закону Ома, оно будет пропорционально мгновенному значению напряжения.

$$I = u/R = U_m \cos(\omega t)/R = I_m \cos(\omega t).$$

Сделаем вывод: в проводнике с активным сопротивлением разность фаз между колебаниями напряжения и силы тока отсутствует.

### Действующее значение силы тока

Амплитуда силы тока определяется по следующей формуле:

$$I_m = U_m/R.$$

Среднее значение квадрата силы тока за период вычисляется по следующей формуле:

$$i^2 = (I_m)^2/2.$$

Здесь  $I_m$  есть амплитуда колебания силы тока. Если мы теперь вычислим квадратный корень из среднего значения квадрата силы тока, то получим величину,

которая называется действующим значением силы переменного тока.

Для обозначения действующего значения силы тока используется буква  $I$ . То есть в виде формулы это будет выглядеть следующим образом:

$$I = \sqrt{i^2} = I_m/\sqrt{2}.$$

Действующее значение силы переменного тока будет равно силе такого постоянного тока, при котором за одинаковый промежуток времени в рассматриваемом проводнике будет выделяться столько же теплоты, сколько и при переменном токе. Для определения действующего значения напряжения используется следующая формула.

$$U = \sqrt{u^2} = U_m/\sqrt{2}.$$

Теперь подставим действующие значения силы тока и напряжения, в выражение  $I_m = U_m/R$ . Получим:

$$I = U/R.$$

Данное выражение является законом Ома для участка цепи с резистором, по которому течет переменный ток. Как и в случае механических колебаний, в переменном токе нас мало будут интересовать значения силы тока, напряжения в какой-то отдельный момент времени. Гораздо важнее будет знать общие характеристики колебаний - такие, как амплитуда, частота, период, действующие значения силы тока и напряжения.

Кстати, стоит отметить, что вольтметры и амперметры, предназначенные для переменного тока, регистрируют именно действующие значения напряжения и силы тока. Еще одним преимуществом действующих значений перед мгновенными является то, что их можно сразу использовать для вычисления значения средней мощности  $P$  переменного тока.

Для вычисления средней мощности используется следующая формула:

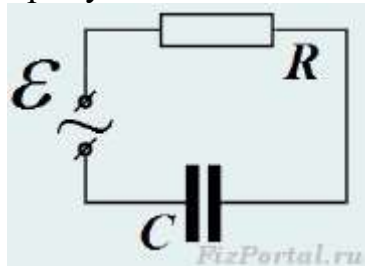
$$P = I^2R = UI.$$

Отметим, что измерительные приборы (амперметры и вольтметры переменного тока) регистрируют именно действующие значения. Кроме того, номинальные значения напряжений и токов бытовых приборов также указываются как действующие значения. Так стандартное напряжение в цепи – **220 вольт** есть действующее значение, а амплитудное значение этого напряжения равно

$$U_0 = U_{\text{д}} \sqrt{2} = 220 \sqrt{2} \approx 310 \text{ В.}$$

### Конденсатор в цепи переменного тока

При изучении постоянного тока мы узнали, что он не может проходить в цепи, в которой есть конденсатор. Так как конденсатор - это две пластины, разделенные слоем диэлектрика. Для цепи постоянного тока конденсатор будет, как разрыв в цепи. Если конденсатор пропускает постоянный ток, значит, он неисправен.



В отличие от постоянного переменный ток может идти и через цепь, в которой присутствует конденсатор.

Рассмотрим, как будет меняться сила тока в цепи, содержащей конденсатор, с течением времени. При этом будем пренебрегать сопротивлением соединяющих проводов и обкладок конденсатора.

рисунок

Напряжение на конденсаторе будет равняться напряжению на концах цепи. Значит, мы можем приравнять эти две величины.

$$u = \varphi_1 - \varphi_2 = q/C, \quad u = U_m \cos(\omega t).$$



Имеем:

$$q/C = U_m \cos(\omega t).$$

Выражаем заряд:

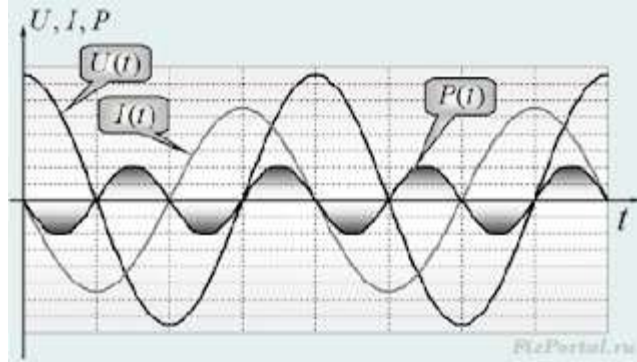
$$q = C U_m \cos(\omega t).$$

Видим, что заряд будет изменяться по гармоническому закону. Сила тока - это скорость изменения заряда. Значит, если возьмем производную от заряда, получим

выражение для силы тока.

$$I = q' = U_m C \omega \cos(\omega t + \pi/2).$$

Разность фаз между колебаниями силы тока и заряда, а также напряжения, получилась равной  $\pi/2$ . Получается, что колебания силы тока опережают по фазе колебания напряжения на  $\pi/2$ . Это представлено на рисунке.



Из уравнения колебаний силы тока получаем выражение для амплитуды силы тока:

$$I_m = U_m C \omega.$$

Введем следующее обозначение:

$$X_c = 1/(C\omega).$$

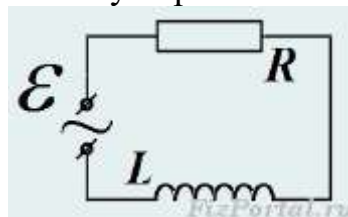
Запишем следующее выражение закона Ома, используя  $X_c$  и действующие значения силы тока и напряжения:

$$I = U/X_c.$$

$X_c$  - величина, называемая емкостным сопротивлением.

### **Катушка индуктивности в цепи переменного тока**

Индуктивность в цепи переменного тока будет влиять на силу переменного тока.



Рассмотрим цепь, в которой есть только катушка индуктивности. При этом значение сопротивления катушки и соединительных проводов пренебрежимо мало.

рисунок

Выясним, как будут связаны напряжение на катушке с ЭДС самоиндукции в ней. При сопротивлении катушки равном нулю, напряженность электрического поля внутри проводника тоже будет равна нулю. Равенство

нулю напряженности возможно.



Напряженности электрического поля создаваемого зарядами  $E_k$  будет соответствовать такая же по модулю и противоположно направленная напряженность вихревого электрического поля, которое появится вследствие изменения магнитного поля.

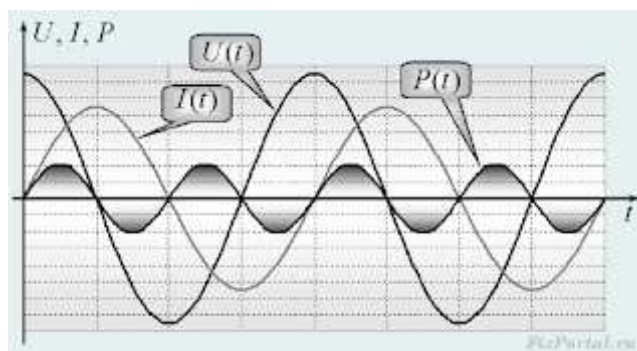
Следовательно, ЭДС самоиндукции  $e_i$  будет равна по модулю и противоположна по знаку удельной работе кулоновского поля.

Следовательно:  $e_i = -u$ .

Сила тока будет изменяться по гармоническому закону:  
 $I = I_m \sin(\omega t)$ .

ЭДС самоиндукции будет равна:  $E_i = -Li' = -L\omega I_m \cos(\omega t)$ .

Следовательно, напряжение будет равно:  $U = L\omega I_m \cos(\omega t) = L\omega I_m \sin(\omega t + \pi/2)$ .



Отсюда значение действующего напряжения будет равняться  $U_m = L\omega I_m$ . Видим, что между колебаниями тока и напряжения получилась разность фаз равная  $\pi/2$ . Следовательно, колебания силы тока отстают от колебания напряжения на  $\pi/2$ . Это наглядно представлено на следующем рисунке.

рисунок

$I_m = U_m/(\omega L)$ . Введем обозначение  $X_L = \omega L$ . Эта

	величина называется индуктивное сопротивление.
Контрольный тест	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Переменный электрический.</li><li>2. Активное сопротивление.</li><li>3. Действующее значение силы тока.</li><li>4. Конденсатор в цепи переменного тока.</li></ol>

Дата: 8.11.2021

Подпись преподавателя Толмачева М.Н