

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Ж. И. Равуцкая

Учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина», г. Мозырь, Гомельская область, Республика Беларусь

Значительные затруднения у старшеклассников вызывает расчет цепей переменного тока. Это обусловлено рядом причин. В цепях переменного тока выделяют следующие значения тока и напряжения: мгновенное, амплитудное и действующее. Электроизмерительные приборы, включенные в цепь переменного тока, показывают действующие значения соответствующих величин. Резистор в цепи переменного тока обладает активным сопротивлением R , конденсатор – емкостным сопротивлением $X_C = \frac{1}{\omega C}$, катушка – индуктивным сопротивлением $X_L = \omega L$. При этом законы постоянного тока не всегда применимы к цепям переменного тока. Математически наиболее просто решать такие задачи с использованием метода векторных диаграмм. Рассмотрим особенности построения таких диаграмм в зависимости от вида соединения сопротивлений.

Рассмотрим цепь переменного тока, состоящую из последовательно соединенных резистора R , конденсатора C и катушки индуктивности L , подключенных к источнику переменного напряжения $U(t) = U_0 \sin \omega t$ [1].

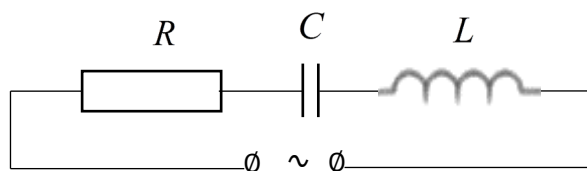


Рисунок 1 – Цепь переменного тока с последовательно соединенными активным, емкостным и индуктивным сопротивлениями

При таком соединении для мгновенных значений тока и напряжения можно записать:

$$I_R(t) = I_C(t) = I_L(t) = I(t); U(t) = U_R(t) + U_C(t) + U_L(t).$$

Для амплитудных значений напряжения подобное равенство не выполняется.

Мгновенные значения напряжения $U_R(t), U_C(t), U_L(t)$ на каждом из элементов не совпадают по фазе, что приводит в общем случае к сдвигу фаз между колебаниями напряжения источника и колебаниями тока в цепи. Для определения амплитудного значения напряжения на зажимах цепи построим векторную диаграмму. Сила тока на всех рассматриваемых участках цепи одинакова, поэтому строить векторную диаграмму начнем с вектора \vec{I}_0 , модуль которого равен амплитудному значению силы тока в цепи.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Колебания напряжения на активном сопротивлении совпадают по фазе с колебаниями силы тока, поэтому вектор \vec{U}_{0R} , модуль которого $U_{0R} = I_0 R$, совпадает по направлению с \vec{I}_0 .

На конденсаторе колебания напряжения отстают от колебаний силы тока на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{U}_{0C} , модуль которого $U_{0C} = I_0 X_C = \frac{I_0}{\omega C}$, надо повернуть относительно вектора \vec{I}_0 на угол $\pi/2$ по часовой стрелке.

На катушке индуктивности колебания напряжения опережают колебания силы тока на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{U}_{0L} , модуль которого $U_{0L} = I_0 X_L = I_0 \omega L$, надо повернуть относительно вектора \vec{I}_0 на угол $\pi/2$ против часовой стрелки (рисунок 2).

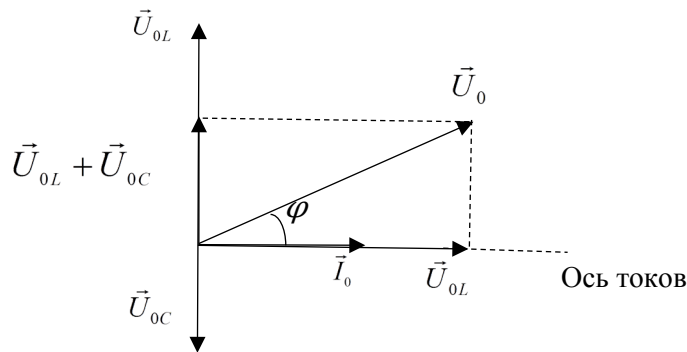


Рисунок 2 – Векторная диаграмма для последовательной RLC-цепи

Вектор амплитудного напряжения на зажимах цепи равен сумме трех векторов:

$$\vec{U}_0 = \vec{U}_{0R} + \vec{U}_{0L} + \vec{U}_{0C}.$$

Модуль вектора U_0 можно определить по теореме Пифагора (с учетом, что $X_L > X_C$):

$$U_0^2 = U_{0R}^2 + (U_{0L} - U_{0C})^2, U_0^2 = I_0^2 R^2 + I_0^2 (X_L - X_C)^2 \Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U_0}{Z},$$

где $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ – полное сопротивление последовательной RLC-цепи.

Сдвиг фаз между колебаниями тока и напряжения равен углу φ между векторами \vec{I}_0 и \vec{U}_0 . Как видно из рисунка 2, колебания силы тока отстают от колебаний напряжения, причем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_{0L} - U_{0C}}{U_{0R}} = \frac{X_L - X_C}{R}.$$

Тангенс сдвига фаз между колебаниями тока и напряжения зависит от значений реактивных сопротивлений.

Рассмотрим цепь переменного тока, состоящую из параллельно соединенных резистора R , конденсатора C и катушки индуктивности L , подключенных к источнику переменного напряжения [2].

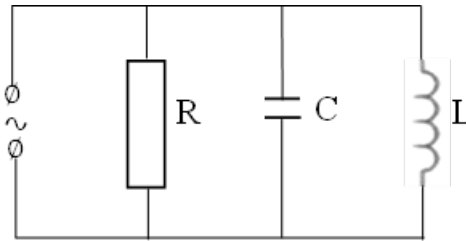


Рисунок 3 – Цепь переменного тока с параллельно соединенными активным, емкостным и индуктивным сопротивлениями

При таком соединении для мгновенных значений напряжения и тока можно записать:

$$U_R(t) = U_C(t) = U_L(t) = U(t); I(t) = I_R(t) + I_C(t) + I_L(t).$$

Для амплитудных значений силы тока подобное равенство не выполняется.

Мгновенные значения силы тока $I_R(t), I_C(t), I_L(t)$ на каждом из элементов не совпадают по фазе, что приводит в общем случае к сдвигу фаз между колебаниями напряжения источника и колебаниями тока в цепи. Амплитудное значение силы тока найдем на основании векторной диаграммы. Амплитудное напряжение на всех параллельных участках этой цепи одинаково, поэтому строить векторную диаграмму начнем с вектора \vec{U}_0 , модуль которого равен амплитудному значению напряжения в цепи.

Колебания силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе с колебаниями напряжения, поэтому вектор \vec{I}_{0R} , модуль которого $I_{0R} = \frac{U_0}{R}$, совпадает по направлению с \vec{U}_0 .

На конденсаторе колебания силы тока опережают колебания напряжения на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{I}_{0C} , модуль которого $I_{0C} = \frac{U_0}{X_C} = U_0 \omega C$, надо повернуть относительно вектора \vec{U}_0 на угол $\pi/2$ против часовой стрелки.

На катушке индуктивности колебания силы тока отстают от колебаний напряжения на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{I}_{0L} , модуль которого $I_{0L} = \frac{U_0}{X_L} = \frac{U_0}{\omega L}$, надо повернуть относительно вектора \vec{U}_0 на угол $\pi/2$ по часовой стрелке (рисунок 4).

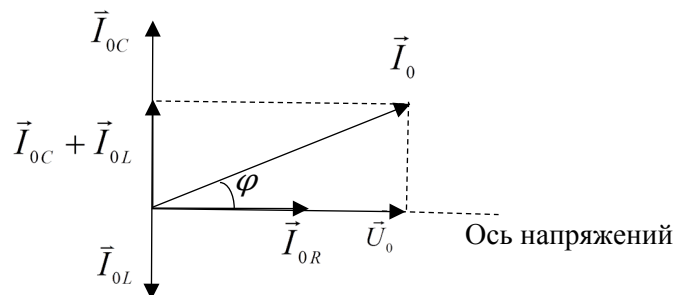


Рисунок 4 – Векторная диаграмма для параллельной RLC-цепи

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Вектор амплитуды силы тока в цепи $\vec{I}_0 = \vec{I}_{0R} + \vec{I}_{0C} + \vec{I}_{0L}$.

Модуль вектора I_0 можно определить по теореме Пифагора (с учетом, что $X_L \succ X_C$):

$$I_0^2 = I_{0R}^2 + (I_{0C} - I_{0L})^2, I_0^2 = \frac{U_0^2}{R^2} + U_0^2 \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}} = \frac{U_0}{Z},$$

где $Z = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}$ – полное сопротивление параллельной RLC -цепи.

Таким образом, при расчете цепей переменного тока необходимо учитывать следующие особенности.

1. Для решения задач переменного тока можно использовать закон Ома в виде $I = \frac{U}{R}$. Особенностью решения таких задач является тот факт, что в знаменателе закона Ома должно находиться полное сопротивление цепи Z , состоящее из активного и реактивного сопротивлений.

2. Применять закон Ома можно только к действующим или амплитудным значениям тока и напряжения.

3. Законы последовательного и параллельного соединения проводников в цепях переменного тока отличаются от соответствующих законов в цепях постоянного тока, если для расчета используются не мгновенные, а действующие или амплитудные значения силы тока и напряжения. Это обусловлено тем, что физические величины, определяющие электромагнитные процессы во всей цепи и на ее отдельных участках, совершают гармонические колебания, фазы которых не совпадают [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткина, И. Л. Репетитор по физике. / И. Л. Касаткина; под ред. Т. В. Шкиль. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 832 с.
2. Физика. Теория и технология решения задач / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : ТетраСистемс, 2003. – 560 с.

ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ РАБОТА НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Г. Д. Свентецкая

Государственное учреждение образования «Козенская средняя школа Мозырского района», аг. Козенки, Гомельская область, Республика Беларусь

Великий русский педагог К. Д. Ушинский писал: «Если вы удачно выберете труд и вложите в него свою душу, то счастье само вас отыщет». Выбор профессии – одно из сложных и ответственных жизненно-практических задач, которые приходится решать человеку, поэтому обучение и профессиональная ориентация учащихся, повышение уровня практической подготовки является одним из наиболее значимых вопросов современной жизни.