

Министерство образования и науки Самарской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области «Кинель - Черкасский сельскохозяйственный техникум»

Теоретическое занятие № 83 (2 часа)

Дисциплина: Физика

Специальность: 35.02.08. Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

Группа: 17

Тема: Закон Ома для электрической цепи переменного тока. Работа и мощность переменного тока

Цель: Изучить основные понятия, графики и формулы, связанные с переменным током

Выполните задания и вышлите готовые задания на электронную почту преподавателя.

Ход и выполнение заданий

Задание 1. Ознакомиться с лекционным материалом:

16.8. Закон Ома для электрической цепи переменного тока

Последовательное соединение R, C, L . Если электрическая цепь состоит из последовательно соединенных активного сопротивления R , емкости C и индуктивности L , то полное напряжение в этой цепи можно определить из векторной диаграммы. Складывая векторы амплитуд напряжений, получаем амплитуду результирующего колебания. Расположим ось токов горизонтально (рис. 16.10). Так как ток и напряжение на активном сопротивлении R совпадают по фазе, то на диаграмме вектор U_R (амплитудное значение напряжения на активном сопротивлении) расположен горизонтально. Напряжение на емкости отстает от силы тока на $\pi/2$, поэтому вектор U_C повернут относительно тока на угол $\pi/2$ по часовой стрелке. Напряжение на индуктивности опережает ток на $\pi/2$, поэтому вектор U_L повернут относительно тока на угол $\pi/2$ против часовой стрелки. Как видно из рис. 16.10, векторы U_L и U_C направлены в противоположные стороны, поэтому при их сложении получаем вектор, модуль которого равен $|U_L - U_C|$ и направлен в сторону большего вектора. Выполняя последовательно сложение векторов, находим амплитудное значение вектора, результирующего напряжения U_0 . Как видно из диаграммы, вектор U_0 сдвинут относительно тока на угол φ .

■ Значение угла φ зависит от соотношения U_L и U_C .

В случае $U_L = U_C$ угол $\varphi = 0$. Ток и напряжение совпадают по фазе. Значение U_0 можно определить по теореме Пифагора:

$$U_0 = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}.$$

Аналогично определяется полное сопротивление Z цепи переменного тока:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

Закон Ома для амплитудных значений силы тока I_0 и напряжения U_0 в цепи переменного тока имеет вид

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}. \quad (16.38)$$

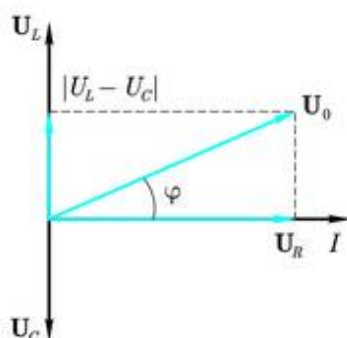


Рис. 16.10

Амплитуда силы переменного тока пропорциональна амплитуде напряжения и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.

Резонанс напряжений. Если индуктивное сопротивление цепи оказывается равным емкостному, то в цепи наблюдается резонанс, при этом реактивное сопротивление цепи равно нулю. Полное сопротив-

ление цепи равно активному сопротивлению. Тогда закон Ома [см. формулу (16.38)] примет вид

$$I_0 = \frac{U_0}{R}.$$

При резонансе сила тока в цепи оказывается наибольшей и по фазе совпадает с напряжением.

В электротехнике случай резонанса в цепи из последовательно соединенных сопротивлений, емкости и индуктивности получил название резонанса напряжений, так как напряжения на катушке индуктивности и конденсаторе при резонансе могут значительно превышать напряжение на входе цепи.

16.9. Работа и мощность переменного тока

Работа и мощность переменного тока. Ранее было показано, что мощность постоянного электрического тока

$$P = IU = I^2 R, \quad (16.39)$$

где U — напряжение между концами участка цепи; I — сила тока на этом участке, R — активное сопротивление.

В случае переменного тока дело обстоит сложнее, так как сила переменного тока зависит не только от активного сопротивления цепи, но и от индуктивного и емкостного сопротивлений [см. (16.38)].

Если в цепи имеется конденсатор, то процесс прохождения через него тока представляет многократную перезарядку конденсатора. В этом случае, если пренебречь очень малыми потерями на нагревание диэлектрика в конденсаторе, прохождение тока через него не связано с выделением в нем энергии. В течение той четверти периода, когда происходит зарядка конденсатора, энергия запасается в нем, а когда конденсатор разряжается, он отдает в цепь запасенную энергию.

Аналогично дело обстоит и при наличии в цепи катушки индуктивности. Когда сила тока нарастает, в катушке создается магнитное поле, которое обладает запасом энергии. При уменьшении силы тока магнитное поле исчезает и запасенная в нем энергия возвращается к источнику тока. Следовательно, при наличии в цепи индуктивного и емкостного сопротивлений происходит обмен энергией между конденсатором или катушкой индуктивности и источником тока, в цепи расходуется мощность $P = IUk$, где $k = \cos \varphi$ — коэффициент мощности цепи, а φ — сдвиг фазы между силой тока в цепи и напряжением между концами рассматриваемого участка. Таким образом,

$$P = IU \cos \varphi. \quad (16.40)$$

Данная формула отличается от (16.39) наличием дополнительного множителя $\cos \varphi$. Она показывает, что

выделяемая в цепи переменного тока мощность зависит не только от силы тока и напряжения, но и от сдвига фаз между напряжением и силой тока.

Если $\varphi = 90^\circ$, то $\cos \varphi = 0$ и мощность равна нулю, как бы ни были велики напряжение и сила тока. В этом случае энергия, передаваемая за четверть периода от источника в цепь, равна энергии, передаваемой из цепи в источник в течение следующей четверти периода, т. е. вся энергия колеблется между источником и цепью.

Средняя мощность переменного тока. В течение малого промежутка времени переменный ток можно рассматривать как постоянный, поэтому в цепи с активным сопротивлением мгновенная мощность переменного тока

$$p_t = IU = I_0 U_0 \sin^2 \omega t,$$

где I_0 и U_0 — амплитудные значения силы тока и напряжения.

Определим среднюю мощность переменного тока за время, равное периоду ($t = T$). Известно, что среднее значение $\sin^2 \omega t$ за период равно $\frac{1}{2}$, учитывая это, получим формулу для средней мощности переменного тока

$$P_{\text{ср}} = \frac{I_0 U_0}{2}. \quad (16.41)$$

Действующие значения силы тока, напряжения, ЭДС. *Действующей (эффективной) силой тока* $I_{\text{эф}}$ и *действующим (эффективным) напряжением* $U_{\text{эф}}$ называют такие силу и напряжение постоянного тока, при прохождении которого по той же цепи за то же время выделяется такое же количество теплоты, что и при данном переменном токе.

При этом мощность

$$P = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} = RI_{\text{эф}}^2 = \frac{U_{\text{эф}}^2}{R}. \quad (16.42)$$

Сравнив эту формулу с выражениями для мощности переменного тока (16.41), получим

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; \quad U_{\text{эф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}. \quad (16.43)$$

Аналогично, действующее значение ЭДС переменного тока в цепи меньше его амплитудного значения:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{2}}. \quad (16.44)$$

Зная эффективные значения, можно вычислить среднюю мощность переменного тока по тем же формулам, что и мощность постоянного тока. Все вольтметры, предназначенные для переменного тока, показывают эффективные значения ЭДС и напряжения.

Коэффициент мощности. Анализируя формулу (16.40), можно сказать, что по этой формуле можно вычислять среднюю или активную мощность цепи переменного тока.

■ Коэффициент мощности $\cos \varphi$ характеризует потери энергии в цепи

и, следовательно, является важнейшей характеристикой при проектировании линий на переменном токе. Если нагрузки в цепи имеют большие емкостные и индуктивные сопротивления, то $\varphi \neq 0$ и $\cos \varphi$ может быть много меньше единицы. В этих случаях для передачи нужной мощности необходимо увеличить силу тока $I_{\text{эф}}$, что приводит к выделению в цепи большого количества теплоты. Поэтому приходится либо увеличивать сечение проводов, либо распределять нагрузки так, чтобы $\cos \varphi$ был по возможности ближе к единице. При проектировании линий электропередач необходимо стремиться к повышению коэффициента мощности.

Задание 2. Ответить на контрольные вопросы:

1. Сформулируйте Закон Ома для цепи переменного тока.
2. Как определяются действующие (эффективные) значения тока и напряжения? Чем они отличаются от мгновенных значений?
3. Что характеризует коэффициент мощности цепи переменного тока и от чего он зависит?

Ответы на контрольные вопросы записать в рабочую тетрадь.

Задание оформить и отправить по адресу: Ladi.Chapligina@yandex.ru с темой письма «17гр. ФИ. 26.03.2020» (ФИ – Ваша фамилия и имя)