Группа Св 170 основы электротехники

1. Сделать конспект данного материала
2. Ответить на вопросы в конце задания
3. Прислать мне фото письменной работы по vk.com до 14:00

Тема: Основные положения теории переменного тока. Цепи переменно тока

План

1. Цепи переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью.

1.Цепь переменного тока с активным сопротивлением. Рассмотрим цепь (рис, 4,3), в которой к активному сопротивлению (резистору) приложено синусоидальное напряжение: $U(t) = U_0 \sin \omega t$

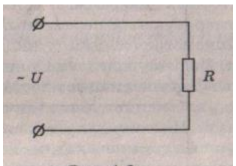


Рис. 4.3

Тогда по закону Ома ток в цепи будет равен: $I(t) = \frac{U(t)}{R} = \frac{U_0}{R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t$

Мы видим, что ток и напряжение совпадают по фазе. Векторная диаграмма для этой цепи приведена на рис. 4.4, а зависимости тока и напряжения от времени

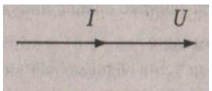


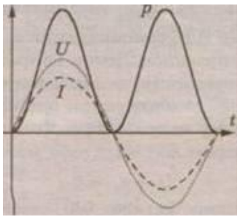
Рис. 4.4

(временная диаграмма) - на рис. 4.5: Выясним, как изменяется со временем мощность в цепи переменного тока с резистором.

Мгновенное значение мощности равно произведению мгновенных значений тока и напряжения:

$p(t) = i(t)u(t) = \frac{I_0 U_0}{2}(1 - \cos 2\omega t).$

Из этой формулы мы видим, что мгновенная мощность всегда положительна и пульсирует с удвоенной частотой (рис4.5). I,U,p .



Это означает, что электрическая энергия необратимо превращается в теплоту независимо от направления тока в цепи. Те элементы цепи, на которых происходит необратимое преобразование электрической энергии в другие виды энергии (не только в теплоту), называются *активными сопротивлениями.* Поэтому резистор представляет собой активное сопротивление.

Цепь переменного тока с индуктивностью. Рассмотрим цепь (рис. 4.6), в которой к катушке индуктивности L, не обладающей активным сопротивлением (R = 0), приложено синусоидальное напряжение (4.6).

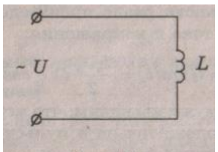


Рис. 4.6

Протекающий через катушку переменный ток создает в ней ЭДС самоиндукции e_L, которая в соответствии с правилом Ленца направлена таким образом, что препятствует изменению тока. Другими словами, ЭДС самоиндукции направлена навстречу приложенному напряжению. Тогда в соответствии со вторым правилом Кирхгофа можно записать:

$$U + e_L = 0. \qquad (4.9)$$

Согласно закону Фарадея ЭДС самоиндукции

$$e_L = -L\frac{dI}{dt} \qquad (4.10)$$

Подставив (4.10) в (4.9), получим:

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{e_L}{L} = \frac{U}{L} = \frac{U_0}{L}\sin\omega t. \qquad (4.11)$$

Решение этого дифференциального уравнения имеет вид:

$$I = I_0\sin(\omega t - \frac{\pi}{2} \qquad \textit{(4.12)}\text{, где} \qquad I_0 = \frac{U_0}{\omega L} \qquad (4.13)$$

Деля обе части равенства (4.13) на $\sqrt{2}$, получим для действующих значений

$$I = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{x_L} \qquad (4.14)$$

Соотношение (4.14) представляет собой закон Ома для цепи с идеальной индуктивностью, а величина $x_L = \omega L$ называется *индуктивным сопротивлением.* Индуктивное сопротивление измеряется в омах.

Мгновенная мощность в цепи с чисто индуктивным сопротивлением равна:

$$p(t) = I_0U_0\sin\omega t\ \sin(\omega - \frac{\pi}{2}) = -\frac{I_0U_0}{2}\sin 2\omega t \qquad (4.15)$$

Положительные значения мощности соответствуют потреблению энергии катушкой, а отрицательные - возврату запасенной энергии обратно источнику.

Средняя за период мощность равна нулю. Следовательно, цепь с индуктивностью мощности не потребляет - это чисто *реактивная* нагрузка. В этой цепи происходит лишь перекачивание электрической энергии от источника в катушку и обратно. Индуктивное сопротивление *является реактивным сопротивлением.*

Цепь переменного тока с индуктивностью и активным сопротивлением. Реальные цепи, содержащие индуктивность, всегда имеют и активное сопротивление: сопротивление провода обмотки и подводящих

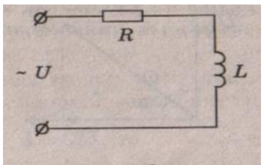


Рис. 4.9

проводов. Поэтому рассмотрим электрическую цепь (рис. 4.9), в которой через катушку индуктивности L, обладающую активным сопротивлением R, протекает переменный ток

$$I = I_0 \sin \omega t \quad (4.16)$$

Через катушку и резистор протекает один и же ток, поэтому в качестве основного выберем вектор тока и будем строить вектор напряжения, приложенного к этой цепи.

Напряжение, приложенное к цепи, равно векторной сумме падений напряжений на катушке индуктивности и на резисторе:

$$\vec{U} = \vec{U_L} + \vec{U_R} \quad (4.17)$$

Напряжение на резисторе, как было показано выше, будет совпадать по фазе с током:

$$\boldsymbol{U_R = U_{0R} \sin \omega t} \quad (4.18)$$

а напряжение на индуктивности будет равно ЭДС самоиндукции со знаком минус (по второму правилу Кирхгофа):

$$U_L = L\frac{dI}{dt} = I_0 \omega L \cos \omega t = U_{0L} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad . \quad (4.19)$$

Мы видим, что напряжение на индуктивности опережает ток на угол ?/2. Построив векторы $\vec{I}$, $\vec{U_R}$ и $\vec{U_L}$, и воспользовавшись формулой (4.17), найдем вектор $\vec{U}$. Векторная диаграмма показана на рис. 4.10. Мы видим, что в рассматриваемой цепи ток I отстает по фазе от приложенного напряжения U, но не на */ 2*, как в случае чистой индуктивности, а на некоторый угол φ. Этот угол может принимать значения от 0 до *? / 2* и при заданной индуктивности зависит от значения активного сопротивления: с увеличением *R* угол φ уменьшается. Как видно из векторной диаграммы, модуль вектора $\vec{U}$ равен

$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = I\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = IZ_1$, где величина $Z_1 = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ называется полным сопротивлением цепи.

Сдвиг по фазе φ между током и напряжением данной цепи также определяется из векторной диаграммы:

$$\tan\varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{\omega L}{R} \qquad (4.22)$$

Цепь переменного тока с емкостью Рассмотрим электрическую цепь, в которой переменное напряжение (4.6) приложено к емкости С.

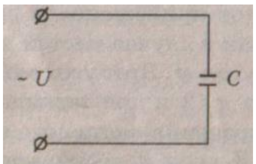


Рис. 4.11

Мгновенное значение тока в цепи с емкостью равно скорости изменения заряда на обкладках конденсатора:

$I = \frac{dq}{dt}$; но поскольку q = *CU*, то

$$I = C\frac{dU}{dt} = \omega C U_0 \cos\omega t = I_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$, где $\omega C U_0 = I_0$ (4.25)

Мы видим, что в этой цепи ток опережает напряжение на *2*. Переходя в формуле (4.25) к действующим значениям переменного тока

$(I = \frac{I_0}{\sqrt{2}},\ U = \frac{U_0}{\sqrt{2}})$, получим: $I = \frac{U}{x_c}$ (4.26)

Это закон Ома для цепи переменного тока с емкостью, а величина $x_c = \frac{1}{\omega C}$ называется *емкостным сопротивлением.* Векторная диаграмма для этой цепи показана на рис. 4.12, а временная – на рис. 4.13

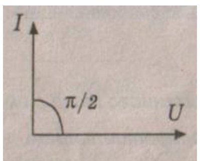


Рис. 4.12

Мгновенная мощность в цепи, содержащей емкость:

$$p(t) = I_0 U_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \sin\omega t = IU \sin 2\omega t \qquad (4.27)$$

Мы видим, что мгновенная мощность изменяется с удвоенной частотой (рис. 4.13). При этом положительные значения мощности соответствуют заряду

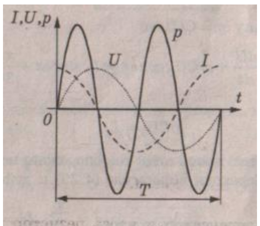


Рис. 4.13

конденсатора, а отрицательные - его разряду и возврату запасенной энергии в источник. Средняя за период мощность здесь равна нулю, поскольку в цепи с конденсатором активная мощность не потребляется, а происходит обмен электрической энергией между конденсатором и источником. Следовательно, конденсатор так же, как и индуктивность, является реактивным сопротивлением.

Вопросы для самопроверки:

1. Дать определение понятию « Активное сопротивление».
2. Выразить закон Ома для цепи переменного тока с активным сопротивлением.
3. Дать определение понятию « Индуктивность».
4. Выразить закон Ома для цепи переменного тока с индуктивностью.
5. Дать определение понятию « Емкость».
6. Описать основные параметры цепей переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью.
7. Дать определение понятию « Активное сопротивление».
8. Дать определение понятию « Индуктивность».
9. Выразить закон Ома для цепи переменного тока.