

02.11.2020 31 группа «основы электротехники»

Работаем на платформе РЭШ по ссылке:

<https://resh.edu.ru/subject/lesson/4909/start/47006/>

Тема Переменный электрический ток

Перечень вопросов, рассматриваемых на уроке:

- 1) Свойства переменного тока;
- 2) Понятия активного сопротивления, индуктивного и ёмкостного сопротивления;
- 3) Особенности переменного электрического тока на участке цепи с резистором;
- 4) Определение понятий: переменный электрический ток, активное сопротивление, индуктивное сопротивление, ёмкостное сопротивление.

Глоссарий по теме

Переменный электрический ток — это ток, периодически изменяющийся со временем.

Сопротивление элемента электрической цепи (резистора), в котором происходит превращение электрической энергии во внутреннюю называют активным сопротивлением.

Действующее значение силы переменного тока равно силе такого постоянного тока, при котором в проводнике выделяется то же количество теплоты, что и при переменном токе за то же время.

Величину X_C , обратную произведению ωC циклической частоты на электрическую ёмкость конденсатора, называют ёмкостным сопротивлением.

Величину X_L , равную произведению циклической частоты на индуктивность, называют индуктивным сопротивлением.

Основное содержание урока

Сейчас невозможно представить себе нашу цивилизацию без электричества. Телевизоры, холодильники, компьютеры – вся бытовая техника работает на нем. Основным источником энергии является переменный ток.

Электрический ток, питающий розетки в наших домах, является переменным. А что это такое? Каковы его характеристики? Чем же переменный ток отличается от постоянного? Об этом мы поговорим на данном уроке.

В известном опыте Фарадея при движении полосового магнита относительно катушки появлялся ток, что фиксировалось стрелкой гальванометра, соединенного с катушкой. Если магнит привести колебательное движение относительно катушки, то стрелка гальванометра будет отклоняться то в одну сторону, то в другую – в зависимости от направления движения магнита. Это означает, что возникающий в катушке ток меняет свое направление. Такой ток называют переменным.

Электрический ток, периодически меняющийся со временем по модулю и направлению, называется переменным током.

Переменный электрический ток представляет собой электромагнитные вынужденные колебания. Переменный ток в отличие от постоянного имеет период, амплитуду и частоту.

Сила тока и напряжение меняются со временем по гармоническому закону, такой ток называется синусоидальным. В основном используется синусоидальный ток. Колебания тока можно наблюдать с помощью осциллографа.

Если напряжение на концах цепи будет меняться по гармоническому закону, то и напряженность внутри проводника будет так же меняться гармонически. Эти гармонические изменения напряженности поля, в свою очередь вызывают гармонические колебания упорядоченного движения свободных частиц и, следовательно, гармонические колебания силы тока. При изменении напряжения на концах цепи, в ней с очень большой скоростью распространяется электрическое поле. Сила переменного тока практически во всех сечениях проводника одинакова потому, что время распространения электромагнитного поля превышает период колебаний.

Рассмотрим процессы, происходящие в проводнике, включенном в цепь переменного тока. Сопротивление проводника, в котором происходит превращение электрической энергии во внутреннюю энергию, называют активным. При изменении напряжения на концах цепи по гармоническому закону, точно так же меняется напряженность электрического поля и в цепи появляется переменный ток.

При наличии такого сопротивления колебания силы тока и напряжения совпадают по фазе в любой момент времени.

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

i - мгновенное значение силы тока;

I_m - амплитудное значение силы тока.

$u = U_m \cos \omega t$ – колебания напряжения на концах цепи.

Колебания ЭДС индукции определяются формулами:

$$e = -\dot{\Phi} = BSN\omega \sin \omega t$$

$$\mathcal{E}_m = BSN\omega$$

$$e = \mathcal{E}_m \sin \omega t$$

При совпадении фазы колебаний силы тока и напряжения мгновенная мощность равна произведению мгновенных значений силы тока и напряжения. Среднее значение мощности равно половине произведения квадрата амплитуды силы тока и активного сопротивления.

$$P = \frac{I_m^2 R}{2}$$

Часто к параметрам и характеристикам переменного тока относят действующие значения. Напряжение, ток или ЭДС, которая действует в цепи в каждый момент времени - мгновенное значение (помечают строчными буквами - i , u , e). Однако оценивать переменный ток, совершенную им работу, создаваемое тепло сложно рассчитывать по мгновенному значению, так как оно постоянно меняется. Поэтому применяют действующее, которое характеризует силу постоянного тока, выделяющего за время прохождения по проводнику столько же тепла, сколько это делает переменный.

Действующее значение силы переменного тока равно силе такого постоянного тока, при котором в проводнике выделяется то же количество теплоты, что и при переменном токе за то же время.

U_m - амплитудное значение напряжения.

Действующие значения силы тока и напряжения:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Электрическая аппаратура в цепях переменного тока показывает именно действующие значения измеряемых величин.

Конденсатор включенный в электрическую цепь оказывает сопротивление прохождению тока. Это сопротивление называют ёмкостным.

Величину X_C , обратную произведению циклической частоты на электрическую ёмкость конденсатора, называют ёмкостным сопротивлением.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Ёмкостное сопротивление не является постоянной величиной. Мы видим, что конденсатор оказывает бесконечно большое сопротивление постоянному току.

Если включить в электрическую цепь катушку индуктивности, то она будет влиять на прохождение тока в цепи, т.е. оказывать сопротивление току. Это можно объяснить явлением самоиндукции.

Величину X_L , равную произведению циклической частоты на индуктивность, называют индуктивным сопротивлением.

$$X_L = \omega L$$

Если частота равна нулю, то индуктивное сопротивление тоже равно нулю.

При увеличении напряжения в цепи переменного тока сила тока будет увеличиваться так же, как и при постоянном токе. В цепи переменного тока содержащем активное сопротивление, конденсатор и катушка индуктивности будет оказываться сопротивление току. Сопротивление оказывает и катушка индуктивности, и конденсатор, и резистор. При расчёте общего сопротивления всё это надо учитывать. Основываясь на этом закон Ома для переменного тока формулируется следующим образом: значение тока в цепи переменного тока прямо пропорционально напряжению в цепи и обратно пропорционально полному сопротивлению цепи.

Если цепь содержит активное сопротивление, катушку и конденсатор соединенные последовательно, то полное сопротивление равно

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Закон Ома для электрической цепи переменного тока записывается имеет вид:

$$I = \frac{U}{Z}$$

Преимущество применения переменного тока заключается в том, что он передаётся потребителю с меньшими потерями.

В электрической цепи постоянного тока зная напряжение на зажимах потребителя и протекающий ток можем легко определить потребляемую мощность, умножив величину тока на напряжение. В цепи переменного тока мощность равна произведению напряжения на силу тока и на коэффициент мощности.

Мощность цепи переменного тока

$$P=IU \cos\varphi$$

Величина $\cos\varphi$ – называется коэффициентом мощности

Коэффициент мощности показывает какая часть энергии преобразуется в другие виды. Коэффициент мощности находят с помощью фазометров. Уменьшение коэффициента мощности приводит к увеличению тепловых потерь. Для повышения коэффициента мощности электродвигателей параллельно им подключают конденсаторы. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока создают противоположные сдвиги фаз. При одновременном включении конденсатора и катушки индуктивности происходит взаимная компенсация сдвига фаз и повышение коэффициента мощности. Повышение коэффициента мощности является важной народнохозяйственной задачей.

Разбор типовых тренировочных заданий

1. Рамка вращается в однородном магнитном поле. ЭДС индукции, возникающая в рамке, изменяется по закону $e=80 \sin 25\pi t$. Определите время одного оборота рамки.

Дано: $e=80 \sin 25\pi t$.

Найти: T .

Решение:

Колебания ЭДС индукции в цепи переменного тока происходят по гармоническому закону

$$e = \mathcal{E}_m \sin\omega t$$

Согласно данным нашей задачи:

$$\omega = 25\pi \text{ рад/с}$$

Время одного оборота, т.е. период связан с циклической частотой формулой:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Подставляем числовые данные:

$$T = \frac{2\pi}{25\pi}$$

$$T = 0,08 \text{ с}$$

Ответ: $T = 0,08 \text{ с}$.

2. Чему равна амплитуда силы тока в цепи переменного тока частотой 50 Гц, содержащей последовательно соединенные активное сопротивление 1 кОм и конденсатор емкости $C = 1 \text{ мкФ}$, если действующее значение напряжения сети, к которой подключен участок цепи, равно 220 В?

Дано:

$$\nu = 50 \text{ Гц},$$

$$R = 1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом},$$

$$C = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф},$$

$$U = 220 \text{ В}.$$

Найти: I_m

Решение:

Напишем закон Ома для переменного тока:

$$I = U/Z$$

Для амплитудных значений силы тока и напряжения, мы можем записать

$$I_m = U_m/Z?$$

Полное сопротивление цепи равно:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, \text{ где } X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

Подставляя числовые данные находим полное сопротивление $Z \approx 3300 \text{ Ом}$.

Так как действующее значение напряжения равно:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

то после вычислений получаем $I_m \approx 0,09$ Ом.

Ответ: $I_m \approx 0,09$ Ом.

2. Установите соответствие между физической величиной и прибором для измерения.

Физические величины	Физические приборы
Сила тока	Омметр
Напряжение	Вольтметр
Сопротивление	Амперметр
Мощность	Ваттметр