

Однофазный переменный ток

В отличие от постоянного тока любой изменяющийся ток можно назвать переменным. Однако на практике **переменным током** принято называть ток, изменяющийся с течением времени по синусоидальному закону.

Основная часть электрической энергии, потребляемой в народном хозяйстве, вырабатывается, передается и используется в виде энергии переменного тока.

Это объясняется двумя причинами.

1. Величина переменного тока и величина напряжения, действующего в цепи переменного тока, могут быть легко изменены при помощи экономичного простого и надежного устройства, называемого трансформатором.

2. Генераторы и двигатели переменного тока значительно проще и надежней в эксплуатации, чем генераторы и двигатели постоянного тока.

Эти достоинства переменного тока позволяют строить экономичные и надежные линии передачи энергии тепловых и гидроэлектростанций на дальние расстояния.

Основные характеристики переменного тока

Переменный ток является синусоидальной функцией времени:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi).$$

В этой записи приняты следующие обозначения: i — мгновенное значение тока, т.е. значение тока в каждый данный момент времени; I_m — максимальное (амплитудное) значение тока, т.е. значение тока при условии, что $\sin(\omega t + \psi) = 1$, а $\omega t + \psi = \pi/2$; ω - угловая частота переменного тока; t - время, прошедшее с момента начала отсчета; ψ — начальная фаза переменного тока.

Сила переменного тока непрерывно изменяется с течением времени. Каждому моменту времени соответствует свое определенное значение силы тока — **мгновенное значение**.

Наибольшее из мгновенных значений называется **амплитудой**.

Синусоидальная функция времени является периодической функцией. Ее значения регулярно повторяются через равные промежутки времени. Наименьший промежуток времени, через который мгновенные значения переменного тока начинают повторяться, называется **периодом**. Период обозначают буквой T , при этом

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi) = I_m \sin[\omega(t + T) + \psi] = I_m \sin[\omega(t + 2T) + \psi] \dots \text{и т.д.}$$

Величина, обратная периоду, называется **частотой** f переменного тока. Угловая частота ω определяется выражением:

$$\omega = 2\pi f.$$

Аргумент синуса ($\omega t + \psi$) называется **фазой** переменного тока. Значение фазы при $t=0$ называют **начальной фазой** ψ .

Закон Ома для цепи переменного тока

Соотношение, связывающее полное сопротивление цепи z , ток и напряжение на ее зажимах, называют **законом Ома для цепи переменного тока**:

$$z = \frac{U}{I}; I = \frac{U}{z}; U = Iz$$

Здесь U и I — действующие значения напряжения и тока.

Закон Ома для цепи переменного тока часто записывают в развернутом виде:

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x^2}} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Буквой r обозначают **активное** сопротивление цепи. Его физическая суть - переносящие электрический заряд частицы отдают часть своей энергии молекулам вещества, повышая его температуру.

Символами x_L и x_C обозначают **индуктивное** и **емкостное** сопротивления цепи. Эти сопротивления связаны с появлением ЭДС самоиндукции катушки и напряжения на обкладках заряженного конденсатора, препятствующих движению заряженных частиц.

Полное сопротивление цепи Z выражает суммарный эффект действия всех факторов, препятствующих движению заряженных частиц, ограничивающих величину тока в цепи.

В цепи с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе, в цепи с индуктивностью ток по фазе отстает от напряжения на 90° , в цепи с емкостью ток опережает напряжение по фазе на угол 90° .

В общем случае в цепи, содержащей все три элемента, ток может опережать напряжение по фазе (на угол, меньший 90°), может совпадать по фазе с напряжением и может отставать от напряжения на угол, меньший 90° .

Угол φ проще всего определять по его тангенсу:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{x_L - x_C}{r} = \frac{x}{r}.$$

Угол φ можно определить и из треугольника сопротивлений

$$\sin\varphi = \frac{x}{z}; \quad \cos\varphi = \frac{r}{z}.$$

Законы Кирхгофа применимы и для цепей переменного тока. В отличие от постоянного тока, расчеты ведутся с комплексными величинами.

Мощность в цепи переменного тока

Поскольку ток в цепи и напряжение непрерывно меняются, то и мощность p — величина переменная.

Среднее значение мощности в цепи переменного тока называют **активной мощностью** и обозначают большой буквой P . Таким образом,

$$P = UI \cos \varphi.$$

Активная мощность поступает от источника в сеть и преобразуется в ней в другие виды энергии. В цепи с индуктивностью и в цепи с емкостью $P = 0$, так как $\cos(\pm 90^\circ) = 0$. В цепи с чисто активным сопротивлением $\varphi = 0$, $\cos\varphi = 1$ и источник отдает в сеть максимально возможную мощность. Это максимальное значение мощности источника называют **полной мощностью** и обозначают буквой S :

$$S = UI.$$

Треугольник мощностей:

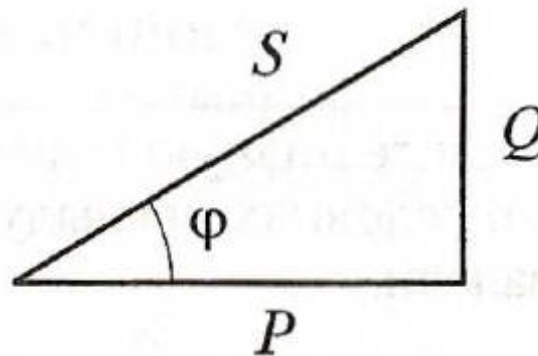


Рисунок 1.6 – Треугольник мощностей

На рисунке 1.6 Q – реактивная мощность.

$$Q = UI \sin \varphi.$$

Из треугольника, показанного на рисунке 1.6, можно найти

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2};$$
$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI}.$$

Если с помощью ваттметра измерить активную мощность, а с помощью амперметра и вольтметра — ток и напряжение в сети, то последняя формула позволяет подсчитать $\cos \varphi$.