

**ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.
ДЕЙСТВУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ
СИЛЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ**

Переменный электрический ток

Как нам известно, электрический ток бывает переменным и постоянным.

Переменный ток — электрический ток, который периодически изменяется по модулю и направлению.

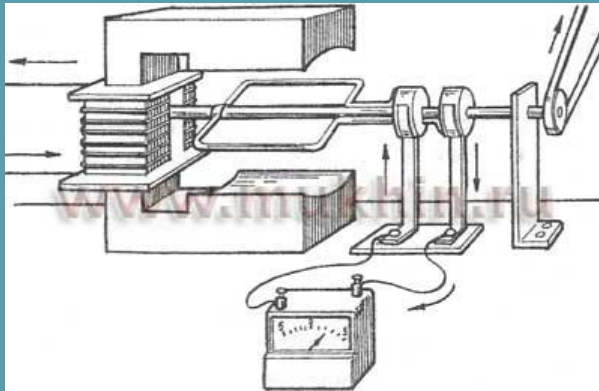
В настоящее время очень широко используется переменный электрический ток.

Переменный ток – это вынужденные колебания тока в электрических цепях, т.е. синусоидальные колебания силы тока, напряжения, ЭДС.

Его можно получить с помощью электрогенераторов переменного тока с применением эффекта электромагнитной индукции.

Переменный электрический ток

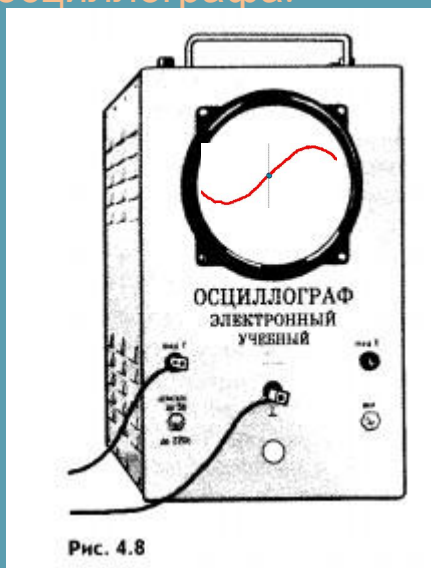
На рисунке изображена примитивная установка для выработки переменного тока.



Принцип действия установки прост. Проволочная рамка вращается в однородном магнитном поле с постоянной скоростью. Своими концами рамка закреплена на кольцах, вращающихся вместе с ней. К кольцам плотно прилегают пружины, выполняющие роль контактов. Через поверхность рамки непрерывно будет протекать изменяющийся магнитный поток, но поток, создаваемый электромагнитом, останется постоянным. В связи с этим в рамке возникнет ЭДС индукции.

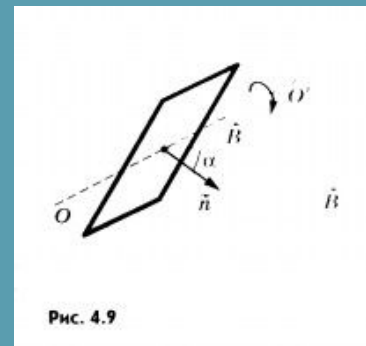
Под переменным током также подразумевают ток в обычных одно- и трёхфазных сетях. В этом случае мгновенные значения тока и напряжения изменяются по гармоническому закону.

Переменный ток в осветительной сети квартиры, применяемый на заводах и фабриках и т. д. представляет собой не что иное, как **вынужденные электромагнитные колебания**. Данные колебания напряжения легко обнаружить с помощью **осциллографа**.



Стандартная частота промышленного переменного тока равна 50 Гц. Это означает, что на протяжении 1 с ток 50 раз идет в одну сторону и 50 раз — в противоположную. Частота 50 Гц принята для промышленного тока во многих странах мира. В США принята частота 60 Гц. Если напряжение на концах цепи меняется по гармоническому закону, то и напряженность электрического поля внутри проводников будет также меняться гармонически.

Переменное напряжение в гнездах розетки осветительной сети создается генераторами на электростанциях. Проволочную рамку, вращающуюся в постоянном однородном магнитном поле, можно рассматривать как простейшую модель генератора переменного тока. Поток магнитной индукции Φ , пронизывающий проволочную рамку площадью S , пропорционален косинусу угла α между нормалью к рамке и вектором магнитной индукции (рис. 4.9):



$$\Phi = BS \cos \alpha$$

При равномерном вращении рамки угол α увеличивается прямо пропорционально времени:

$\alpha = 2\pi n t$, где n – частота вращения. Поэтому поток магнитной индукции меняется гармонически :

$\Phi = BS \cos 2\pi n t$, Здесь $2\pi n$ число колебаний магнитного потока за 2π с. Это **ЦИКЛИЧЕСКАЯ**

ЧАСТОТА колебаний $\omega = 2\pi n \Rightarrow \Phi = BS \cos \omega t$

Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС индукции в рамке равна взятой со знаком «-» скорости изменения потока магнитной индукции, т. е. производной потока магнитной индукции по времени:

$$e = -\Phi' = -BS (\cos \omega t)' = BS\omega \cdot \sin \omega t = \mathcal{E}_m \sin \omega t,$$

где $\mathcal{E}_m = BS\omega$ — амплитуда ЭДС индукции.

Если к рамке подключить колебательный контур, то угловая скорость ω вращения рамки определит частоту ω колебаний значений ЭДС, напряжения на различных участках цепи и силы тока.

Если напряжение меняется с циклической частотой ω , то и сила тока в цепи будет меняться с той же частотой. Но колебания силы тока не обязательно должны совпадать по фазе с колебаниями напряжения. Поэтому в общем случае сила тока i в любой момент времени (мгновенное значение силы тока) определяется по формуле

$$i = I_m \sin (\omega t + \varphi_c), \quad (4.15)$$

Здесь I_m - амплитуда силы тока, т. е. максимальное по модулю значение силы тока, а φ_c — разность (сдвиг) фаз между колебаниями силы тока и напряжения.

Активное

Действующие значения силы тока и сопротивление.

Перейдем к более детальному рассмотрению процессов, которые происходят в цепи, подключенной к источнику переменного напряжения.

Сила тока в цепи с резистором. Пусть цепь состоит из соединительных проводов и нагрузки с малой индуктивностью и большим сопротивлением R (рис. 4.10). Эту величину, которую мы до сих пор называли электрическим сопротивлением или просто сопротивлением, теперь будем называть активным сопротивлением.

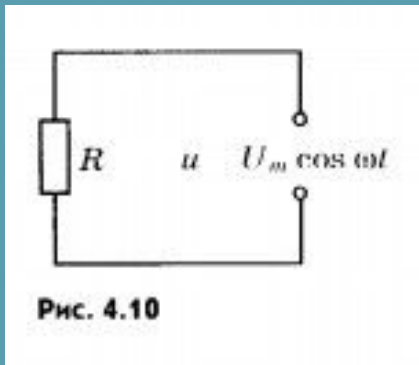


Рис. 4.10

Сопротивление R называется активным, потому что при наличии нагрузки, обладающей этим сопротивлением, цепь поглощает энергию, поступающую от генератора. Эта энергия превращается во внутреннюю энергию проводников — они нагреваются. Будем считать, что напряжение на зажимах цепи меняется по гармоническому закону:

$$u = U_m \cos \omega t$$

Как и в случае постоянного тока, мгновенное значение силы тока прямо пропорционально мгновенному значению напряжения. Поэтому для нахождения мгновенного значения силы тока можно применить закон Ома:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t. \quad (4.16)$$

В проводнике с активным сопротивлением колебания силы тока совпадают по фазе с колебаниями напряжения (рис. 4.17), а амплитуда силы тока определяется равенством

$$I_m = \frac{U_m}{R}. \quad (4.17)$$

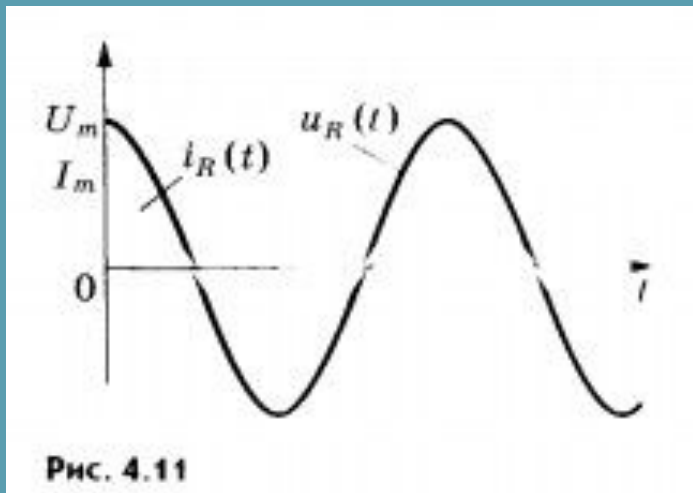
Мощность в цепи с резистором. В цепи переменного тока промышленной частоты ($\nu = 50$ Гц) сила тока и напряжение изменяются сравнительно быстро. Поэтому при прохождении тока по проводнику, например по нити электрической лампочки, количество выделенной энергии также будет быстро меняться со временем. Но этих быстрых изменений мы не замечаем.

Как правило, нам нужно бывает знать среднюю мощность тока на участке цепи за большой промежуток времени, включающий много периодов. Для этого достаточно найти среднюю мощность за один период. Под средней за период, мощностью переменного тока понимают отношение суммарной энергии, поступающей в цепь за период, к периоду.

Мощность в цепи постоянного тока на участке с сопротивлением R определяется формулой:

$$P = I^2 R. \quad (4.18)$$

На протяжении очень малого интервала времени переменный ток можно считать практически постоянным.



Найдем среднее значение мощности за период. Для этого сначала преобразуем формулу (4.19), подставляя в нее выражение (4.16) для силы тока и используя известное из математики

$$\cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2};$$

$$P = \frac{I_m^2 R}{2} (1 + \cos 2\omega t) = \frac{I_m^2 R}{2} + \frac{I_m^2 R}{2} \cos 2\omega t. \quad (4.20)$$

Поэтому мгновенная мощность в цепи переменного тока на участке, имеющем активное сопротивление R , определяется формулой :

$$P = i^2 R. \quad (4.19)$$

Средняя \bar{P} равна первому члену в формуле (4.20)

$$\bar{P} = \bar{i}^2 R = \frac{I_m^2 R}{2}. \quad (4.21)$$

Величина, равная квадратному корню из среднего значения квадрата силы тока, называется **действующим значением силы переменного тока**. Действующее значение силы переменного тока обозначается I .

$$I = \sqrt{\bar{i}^2} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (4.23)$$

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.

Действующее значение переменного напряжения определяется аналогично действующему значению силы

$$U = \sqrt{\bar{u}^2} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (4.24)$$

Заменяя в формуле (4.17) амплитудные значения силы тока и напряжения на их действующие значения, получаем **закон Ома для участка цепи переменного тока с резистором**

$$I = \frac{U}{R}. \quad (4.25)$$

Как и при механических колебаниях, в случае электрических колебаний обычно нас не интересуют значения силы тока, напряжения и других величин в каждый момент времени. Важны общие характеристики колебаний, такие, как амплитуда, период, частота, действующие значения силы тока и напряжения, средняя мощность. Именно действующие значения силы тока и напряжения регистрируют амперметры и вольтметры переменного тока.

Кроме того, действующие значения удобнее мгновенных значений еще и потому, что именно они непосредственно определяют среднее значение мощности P переменного тока:

$$P = I^2 R = UI.$$

Закрепление и обобщение нового материала.

Устно ответьте на вопросы:

- что представляет собой переменный электрический ток переменный электрический ток?
- на каком явлении основано получение переменной ЭДС в цепи?
- чему равна разность фаз колебаний силы тока и напряжения на активном сопротивлении?
- как соотносятся действующие значения переменного тока и напряжения со значениями постоянного тока и напряжения?
- как определяется мощность в цепи переменного тока?

Решение задач по теме «Переменный ток»

В сеть переменного тока с действующим напряжением 220 В включено активное сопротивление 55 Ом. Определить действующее и амплитудное значение силы тока.

Решение:

Действующее значение силы тока

$$I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{R} = \frac{220}{55} = 4 \text{ А}$$

Амплитудное значение силы тока связано с действующим соотношением

$$I_{\text{д}} = \frac{I_{\text{а}}}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_{\text{а}} = I_{\text{д}} \cdot \sqrt{2} = 4 \cdot \sqrt{2} \approx 5,66 \text{ А}$$

957. По графику (рис. 47) найти амплитудное значение переменной ЭДС, ее период и частоту. Записать формулу изменения ЭДС со временем.

Решение. Амплитуда колебаний ЭДС равна $\mathcal{E}_m = 50$ В, период колебаний $T = 0,4$ с. Частота колебаний определяется через период соотношением

$$\nu = 1/T$$

и равна

$$\nu = 2,5 \text{ Гц.}$$

Уравнение колебаний ЭДС

$$e = \mathcal{E}_m \cos(2\pi\nu t + \varphi)$$

имеет вид:

$$e = 50 \cos 5\pi t.$$

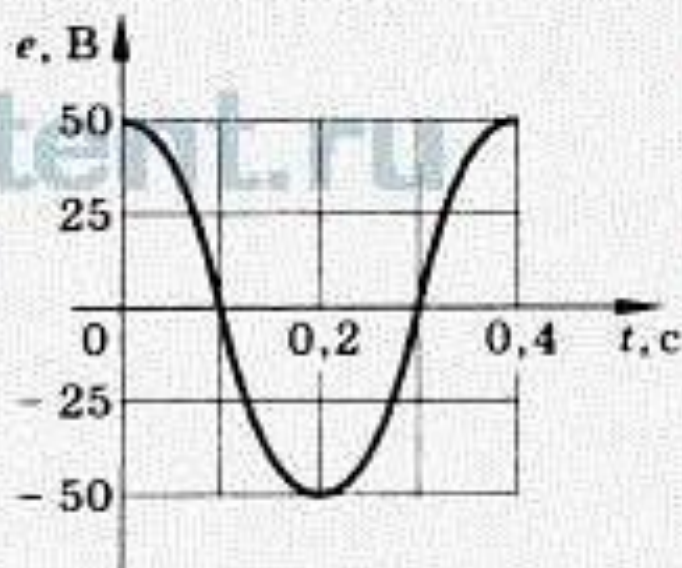


Рис. 47

Ответ: $\mathcal{E}_m = 50$ В; $T = 0,4$ с; $\nu = 2,5$ Гц; $e = 50 \cos 5\pi t$.

Ток В цепи меняется по гармоническому закону. Мгновенное значение силы тока для фазы $\pi/6$ равно 6 А. Определить амплитудное и действующее значения силы тока

Решение задачи (силу тока пишите печатной буквой):

№ 969

$\varphi = \frac{\pi}{6}$ $i = 6 \text{ A}$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $I_m = ?$ $I = ?$	$i = I_m \sin \varphi$ $6 = I_m \sin \frac{\pi}{6} = I_m \cdot 0,5$ $I_m = 12 \text{ A}$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{12}{1,4} = 8,5 \text{ A}$
--	--

Ответ: $I_m = 12 \text{ A}$; $I = 8,5 \text{ A}$

967. Написать уравнения, выражающие зависимость напряжения и силы тока от времени для электроплитки сопротивлением 50 Ом, включенной в сеть переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В.

Решение. В проводнике с активным сопротивлением при переменном напряжении

$$u = U_m \cos(2\pi vt)$$

сила тока изменяется по закону

$$i = (U_m/R) \cos(2\pi vt).$$

Здесь R — активное сопротивление.

При этом амплитудное значение напряжения U_m связано с действующим значением напряжения U_d , заданным в условии задачи соотношением

$$U_m = U_d \sqrt{2}.$$

Вычисления:

$$U_m = 200 \text{ В} \sqrt{2} \approx 310 \text{ В};$$

$$\frac{U_m}{R} = \frac{310 \text{ В}}{50 \text{ Ом}} = 6,2 \text{ А}.$$

Ответ: $u = 310 \cos(100\pi t)$; $i = 6,2 \cos(100\pi t)$.

Самостоятельно решить

задачи:

1. На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии передачи, если действующее напряжение 430 кВ.
2. Зависимость ЭДС от времени в цепи переменного тока выражается формулой $e=120 \sin 628t$. Определить действующее значение ЭДС и период ее изменения.
3. На участке цепи с активным сопротивлением 4 Ом сила тока изменяется по закону $i=6,4 \sin 314t$. Определить действующее значение силы тока и активную мощность, выделяющуюся на этом участке. На какое напряжение должна быть рассчитана изоляция проводов?