

Законспектировать материал. Фотоотчёт (1 файл) прислать на эл. почту по расписанию

17.10.24. (8:30 – 10:00)

Переменный ток. Определение, период, частота, мгновенное и амплитудное значение.

Переменным называют ток, изменение которого по значению и направлению повторяется периодически через равные промежутки времени.

Широкое применение переменного тока в различных областях техники объясняется легкостью его получения и преобразования, а также простотой устройства генераторов и двигателей переменного тока, надёжностью их работы и удобством эксплуатации.

Периодом называется время, в течение которого электрический ток проходит полный цикл изменений. Обозначается буквой T , измеряется секундами.

Число периодов в секунду называется частотой (f). Частота — величина, обратная периоду

$$f = \frac{1}{T}$$

Единица частоты называется герц ($Гц$).

Величина промышленной частоты переменного тока обусловлена технико-экономическими соображениями. Если она слишком низка, то увеличиваются габариты электрических машин и, следовательно, расход материалов на их изготовление; заметным становится мигание света в электрических лампочках.

При слишком высоких частотах увеличиваются потери энергии, связанные с перемагничиванием сердечников электрических машин и трансформаторах. Поэтому наиболее оптимальными оказались частоты 50-60 Гц.

Однако в некоторых случаях используются переменные токи как с более высокой, так и с более низкой частотой. Например, в самолетах применяется частота 400 Гц. На этой частоте можно значительно уменьшить габариты и вес трансформаторов и электромоторов, что для авиации более существенно, чем увеличение потерь в сердечниках. На железных дорогах используют переменный ток с частотой 25 Гц и даже 16,66 Гц.

Значение переменной величины (тока, напряжения и ЭДС) в рассматриваемый момент времени называется *мгновенным значением* и обозначается буквами i , u , e .

Наибольшее из мгновенных значений переменной величины называется ее *максимальным*, или *амплитудным* значением и обозначается большой буквой с индексом m , например (I_m , E_m , U_m).

Получение синусоидальной Э.Д.С.

Пусть имеется однородное магнитное поле, образованное между полюсами NS электромагнита (Рис. 1, а). Внутри поля под действием посторонней силы вращается по окружности в сторону движения часовой стрелки металлический прямолинейный проводник. Пересечение проводником магнитных линий приведет к появлению в проводнике индуктированной ЭДС. Величина ЭДС зависит от величины магнитной индукции B , активной длины проводника l , скорости пересечения проводником магнитных линий v и синуса угла α между направлением движения проводника и направлением магнитного поля.

$$e = Blv \sin \alpha$$

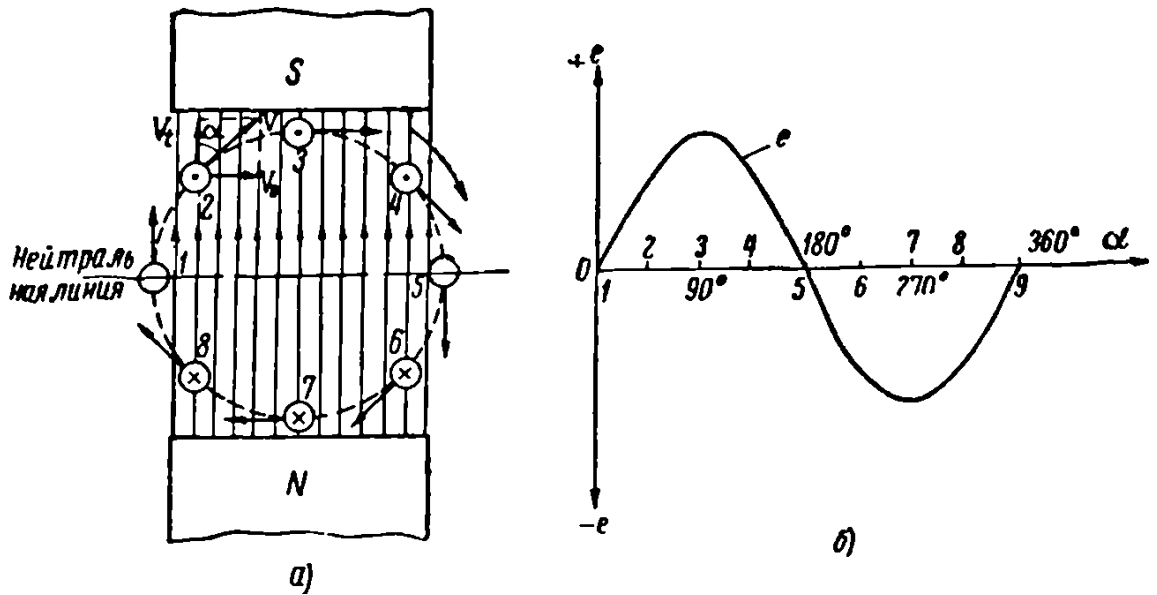


Рис.1. Получение переменного тока: а — вращение проводника в однородном магнитном поле. б — график изменения переменного тока

Из таблицы видно, что за один полный оборот проводника ЭДС в нем сначала увеличивается от нуля до максимального значения, затем уменьшается до нуля и, изменив свое направление, вновь увеличивается до максимального значения и вновь уменьшается до нуля. При дальнейшем движении проводника изменения ЭДС будут повторяться.

В нашем примере проводник вращается в однородном магнитном поле. В проводнике индуктировалась ЭДС, изменяющаяся по закону синуса. Такая ЭДС называется *синусоидальной*.

Фаза, начальная фаза, сдвиг фаз. Действующее значение переменного тока

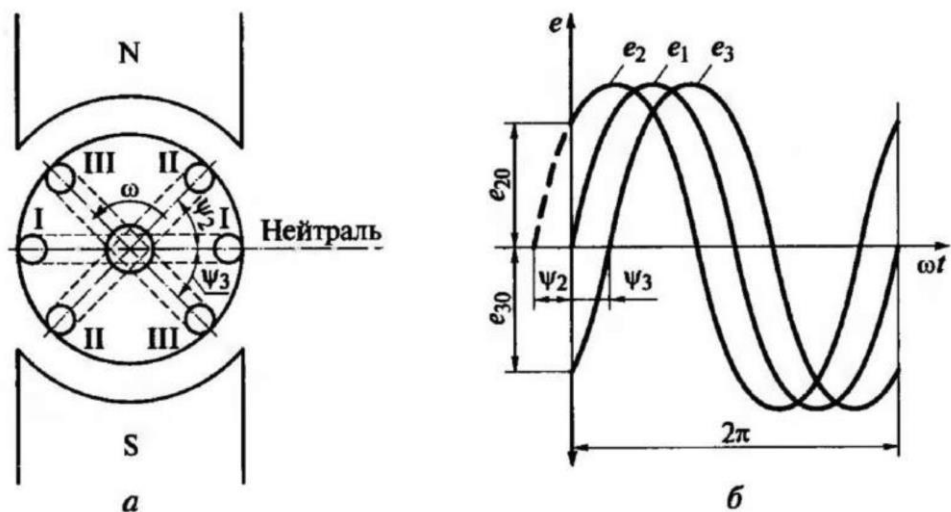


Рис. 3. Схема генератора переменного тока с тремя витками на роторе (а) и графики сдвинутых по фазе синусоидальных ЭДС (б)

На рис. 3, а изображена схема электрической машины с тремя витками (I - I, II - II и III - III) на роторе, положение которых зафиксировано в момент времени $t = 0$. Плоскости витков находятся под некоторыми углами друг к другу. В момент времени $t = 0$ положение каждого витка определяется углом, отсчитанным от нейтрали до плоскости витка *против часовой стрелки*. Для витка I—I этот угол $\psi_1 = 0$, для витка II—II — угол $\psi_2 > 0$ и для витка III - III - угол $\psi_3 < 0$. Эти углы и являются *начальными фазами*.

На рис. 3, б построены графики ЭДС трех витков, отличающихся расположением относительно нейтральной плоскости в момент отсчета времени (рис. 3, а).

Каждая синусоидальная ЭДС, сдвинута относительно остальных ЭДС по фазе.

На рис. 3, б ЭДС e_2 опережает по фазе e_1 и e_3 на углы соответственно φ_{12} и φ_{23} (e_1 и e_3 соответственно отстают от e_2 на те же углы); e_1 , опережает по фазе e_3 на угол φ_{13} . Например, при $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 45^\circ$ и $\psi_3 = -45^\circ$ сдвиги фаз: $\varphi_{12} = 45^\circ$, $\varphi_{13} = 45^\circ$, $\varphi_{23} = 90^\circ$.

Действующие значения тока, напряжения и ЭДС обозначаются прописными буквами I , U , E и представляют собой средние квадратичные значения этих величин за период. С помощью действующих значений устанавливается эквивалент переменного тока постоянному току по тепловому действию. Расчеты показали, что действующие значения синусоидальных величин связаны с амплитудными значениями соотношениями:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}},$$

Цепь переменного тока с активным сопротивлением.

Активным называется такое сопротивление, в котором электроэнергия преобразуется в тепло. Активные сопротивления имеет провода, резисторы, реостаты, нагревательные приборы, лампы накаливания и др. Обозначается: R

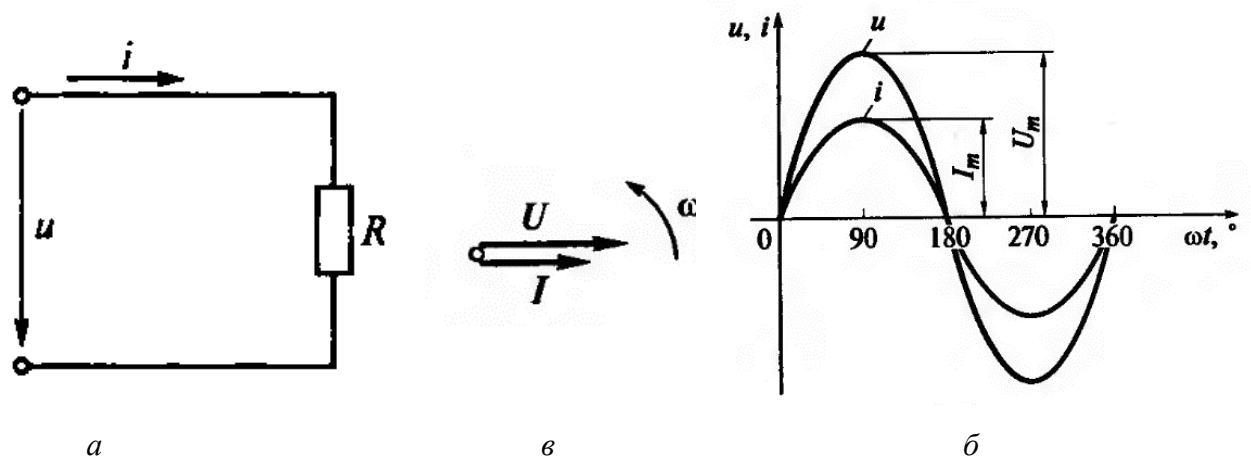


Рис.10. Цепь с активным сопротивлением: *а* — схема замещения; *б* — волновая диаграмма; *в* — векторная диаграмма

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{\max} \cdot \sin \omega t}{R} = I_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$U = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} \quad \text{- Закон Ома для максимальных значений.}$$

В цепи с активным сопротивлением напряжение и ток совпадают по фазе.

$I = \frac{U}{R}$ – Закон Ома для действующих значений.

Цепь переменного тока с индуктивностью.

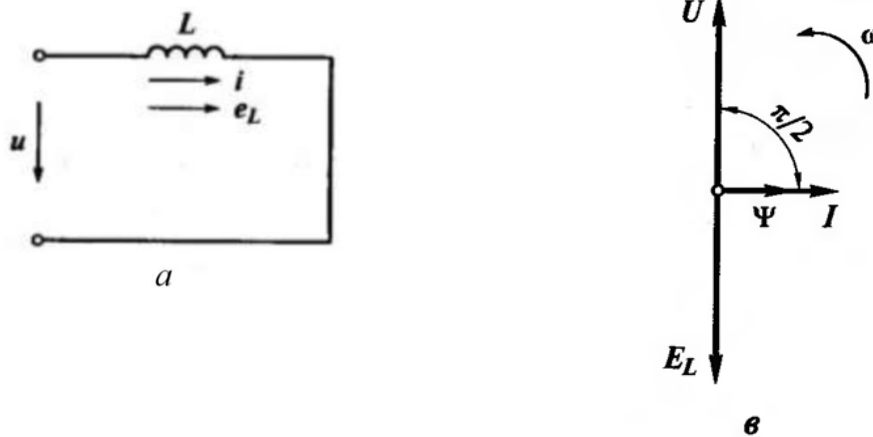


Рис.12. Цепь с индуктивностью: а — схема замещения; в — векторная диаграмма против ЭДС самоиндукции;

Рассмотрим цепь (рис. 12), в которой к катушке индуктивности L , не обладающей активным сопротивлением ($R = 0$), приложено синусоидальное напряжение и по которой течёт синусоидальный ток

$$I(t) = I_m \sin \omega t .$$

Протекающий через катушку переменный ток создает в ней ЭДС самоиндукции e_L . Тогда в соответствии со вторым правилом Кирхгофа можно записать:

$$u + e_L = 0 .$$

Согласно закону Фарадея ЭДС самоиндукции

$$e_L = -L \frac{di}{dt}$$

Тогда

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d(I_m \sin \omega t)}{dt} = I_m \omega L \cos \omega t = U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (1)$$

Где

$$U_m = I_m \omega L . \quad (2)$$

Деля обе части равенства (2) на $\sqrt{2}$, получим для действующих значений $U = I \omega L$, откуда

$$I = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{X_L} \quad (3)$$

Из формулы (1) мы видим, что в рассмотренной цепи ток отстает по фазе от напряжения на угол $\frac{\pi}{2}$. Физически это объясняется тем, что индуктивная катушка реализует инерцию электромагнитных процессов. Векторная диаграмма для этой цепи изображена на рис. 12, в.

Соотношение (3) представляет собой закон Ома для цепи с идеальной индуктивностью, а величина $X_L = \omega L = 2\pi fL$ называется индуктивным сопротивлением.

Индуктивное сопротивление измеряется в омах. С увеличением частоты тока f индуктивное сопротивление X_L увеличивается. Физически это объясняется тем, что возрастает скорость изменения тока, а следовательно, и ЭДС самоиндукции.