

Однофазный переменный ток

Получение переменного тока

Если проводник A вращать в магнитном потоке, образованном двумя полюсами магнита, в направлении по часовой стрелке (рис. 1), то при пересечении проводником магнитных силовых линий в нем будет индуцироваться э. д. с, величина которой определяется выражением

$$E = Blv \sin \alpha,$$

где B — магнитная индукция в Тл, l — длина проводника в м, v — скорость движения проводника в м/сек, α - угол, под которым проводник пересекает магнитные силовые линии.

Пусть B , l и v для данного случая остаются постоянными величинами, тогда индуцированная э. д. с. будет зависеть только от угла α , под которым проводник пересекает магнитное поле. Так, в точке 1, когда проводник движется вдоль магнитных силовых линий, величина индуцированной э. д. с. будет равна нулю, при перемещении проводника в точку 3 э. д. с. будет иметь наибольшее значение, так как силовые линии будут пересекаться проводником в направлении, перпендикулярном к ним, и, наконец, э. д. с. вновь достигнет нуля, если проводник переместится в точку 5.

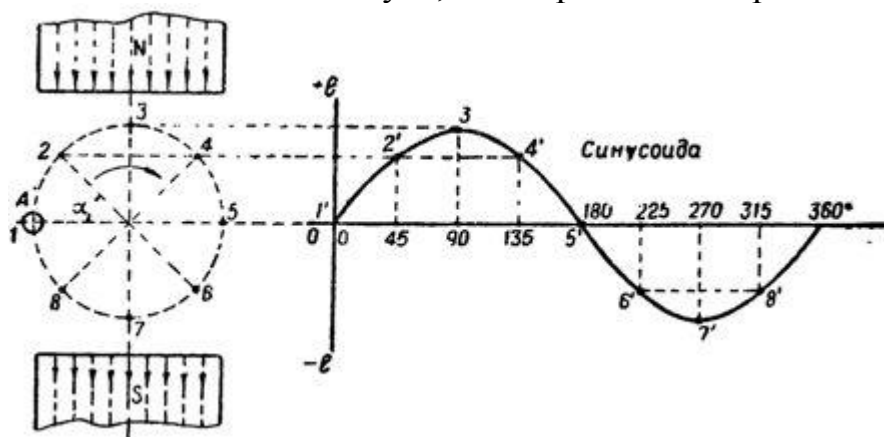
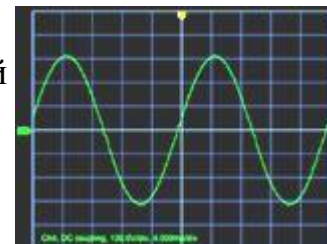


Рис. 1. Изменение индуцированной э. д. с. в проводнике, вращающемся в магнитном поле

В промежуточных точках 2 и 4, в которых проводник пересекает силовые линии под углом $\alpha = 45^\circ$, величина индуцированной э. д. с. будет соответственно меньше, чем в точке 3. Таким образом, при повороте проводника из точки 1 в точку 5, т. е. на 180° , индуцированная э. д. с. изменяется от нуля до максимума и снова до нуля.

Совершенно очевидно, что при дальнейшем повороте проводника A на угол 180° (через точки 6, 7, 8 и 1) характер изменения индуцированной э. д. с. будет такой же, но направление ее изменится на обратное, так как проводник будет пересекать магнитные силовые линии уже под другим полюсом, что равносильно пересечению их в противоположном первом направлении.

Следовательно, при повороте проводника на 360° индуцированная э. д. с. не только изменяется все время по величине, но и дважды меняет свое направление.

Если проводник замкнуть на какое-либо сопротивление, то в проводнике появится электрический ток, также изменяющийся по величине и направлению.

Электрический ток, непрерывно изменяющийся по величине и направлению, называется **переменным током**.

Что такое синусоида

Характер изменения э. д. с. (тока) за один оборот проводника для наглядности представляют в графическом виде при помощи кривой. Так как величина э. д. с. пропорциональна $\sin\alpha$, то, задавшись определенными углами, можно при помощи таблиц определить значение синуса каждого угла и в соответствующем масштабе построить кривую изменения э. д. с. Для этого на горизонтальной оси будем откладывать углы поворота проводника, а на вертикальной оси в соответствующем масштабе индуктированную э. д. с.

Если обозначенные ранее на рис. 1 точки соединить плавной кривой линией, то она даст представление о величине и характере изменения индуктированной э. д. с. (тока) при любом положении проводника в магнитном поле. Вследствие того что величина индуктированной э. д. с. в каждый момент определяется синусом угла, под которым проводник пересекает магнитное поле, приведенная на рис. 1 кривая носит название **синусоиды**, а изменяющаяся по ней э. д. с. — **синусоидальной**.

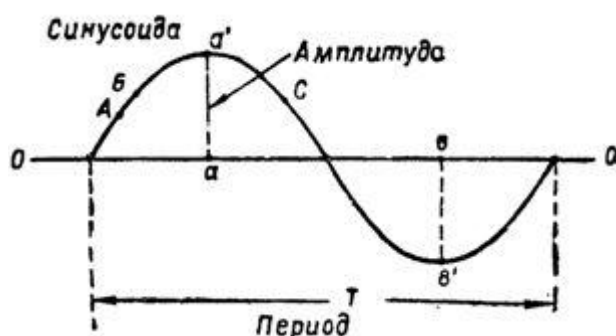


Рис. 2. Синусоида и величины ее характеризующие

Рассмотренные нами изменения э. д. с. по синусоиде соответствуют повороту проводника в магнитном поле на угол 360° . При повороте проводника на следующие 360° изменения индуктированной э. д. с. (и тока) вновь произойдут по синусоиде, т. е. будут периодически повторяться.

Соответственно, вызванный этой э. д. с. электрический ток называется **синусоидальным переменным током**. Совершенно очевидно, что и напряжение, которое может быть измерено нами на концах проводника A , при наличии замкнутой внешней цепи также будет изменяться по синусоиде.

Переменный ток, полученный при помощи вращения в магнитном потоке проводника или системы проводников, соединенных в одну катушку, называется **однофазным переменным током**.

Синусоидальные переменные токи находят наибольшее применение в технике. Однако можно встретить переменные токи, изменяющиеся не по закону синуса. Такие переменные токи называются **несинусоидальными**.

Смотрите также: Что такое переменный ток и чем он отличается от постоянного тока

Амплитуда, период, частота однофазного переменного тока

Сила тока, изменяющегося по синусоиде, непрерывно меняется. Так, если в точке A (рис. 2) ток был равен $3a$, то в точке B он уже будет больше. В другой какой-либо точке на синусоиде, например в точке C , ток будет иметь уже новое значение и т. д.

Сила тока в отдельные моменты при изменении его по синусоиде носит название **мгновенных значений тока**.

Наибольшее по величине мгновенное значение однофазного переменного тока при изменении его по синусоиде называется **амплитудой**. Нетрудно видеть, что за один оборот проводника ток два раза достигает амплитудного значения. Одно из значений aa' является положительным и откладывается вверх от оси OO_1 а другое bb' — отрицательное и откладывается от оси вниз.

Время, в течение которого индуктированная э. д. с. (или сила тока) проходит весь цикл изменений, называется **периодом** T (рис. 2). Период обычно измеряется в секундах.

Величина, обратная периоду, называется **частотой** (f). Иначе говоря, частота переменного тока есть число периодов в единицу времени, т. е. в секунду. Так, например, если переменный ток в течение 1 секунды десять раз принимает одинаковые по величине и направлению значения, то частота такого переменного тока будет составлять 10 периодов в секунду.

Для измерения частоты вместо числа периодов в секунду применяется единица, получившая название герц (гц). Частота 1 герц равна частоте 1 пер/сек. При измерении больших частот удобнее пользоваться единицей, в 1000 раз большей герца, т. е. килогерцем (кгц), или в 1000000 раз большей герца, — мегагерц (мггц).

Переменные токи, применяемые в технике, в зависимости от частоты могут быть подразделены на токи низкой частоты и токи высокой частоты.



Действующее значение переменного тока

Постоянный ток, проходя по проводнику, нагревает его. Если, пропустить по проводнику переменный ток, проводник также будет нагреваться. Это и понятно, так как хотя переменный ток и меняет все время свое направление, но выделение тепла совершенно не зависит от направления тока в проводнике.

При пропускании переменного тока через лампочку нить ее будет накаливаться. При стандартной частоте переменного тока 50 гц никакого мигания света наблюдаться не будет, так как нить лампочки накаливания, обладая тепловой инерцией, не успевает остыть в те моменты, когда ток в цепи равен нулю. Применение для освещения переменного тока с частотой меньше 50 гц уже нежелательно в связи с тем, что появляются неприятные, утомляющие зрение колебания силы света лампочки.

Проводя и дальше аналогию с постоянным током, можно ожидать, что переменный ток, проходя по проводнику, создает вокруг него магнитное поле. На самом деле переменный ток не создает магнитного поля, а потому, что создаваемое им магнитное поле будет также переменным по направлению и величине.

Переменный ток все время изменяется как по величине, так и по направлению. Естественно возникает вопрос, как же измерить переменный ток и какое

значение его при изменении по синусоиде следует принять как производящее то или иное действие.

С этой целью переменный ток сравнивают по производимому им действию с постоянным током, величина которого в течение опыта остается неизменной.



Предположим, что по проводнику с неизменным сопротивлением пропущен постоянный ток 10 А и при этом обнаружено, что проводник нагрелся до температуры 50°. Если теперь по этому же проводнику пропустить не постоянный, а переменный ток и так подобрать его величину (действуя, например, реостатом), чтобы проводник также нагрелся до температуры 50°, то в этом случае мы можем сказать, что действие переменного тока равно действию постоянного тока.

Нагревание проводника в обоих случаях до одной и той же температуры говорит о том, что за единицу времени переменный ток выделяет в проводнике такое же количество тепла, как и постоянный.

Переменный синусоидальный ток, выделяющий в данном сопротивлении за единицу времени такое же количество тепла, как и постоянный ток, является **эквивалентным по величине постоянному току**. Эту величину тока называют **действующим (I_д)** или **эффективным значением переменного тока**. Следовательно, для нашего примера действующее значение переменного тока будет составлять 10 А. При этом максимальные (амплитудные) значения тока будут превосходить по величине действующие значения.

Опыт и подсчеты показали, что действующие значения переменного тока меньше амплитудных его значений в $\sqrt{2}$ (1,41) раза. Следовательно, если амплитудное значение тока известно, то действующее значение тока I_д может быть определено путем деления амплитуды тока I_а на $\sqrt{2}$, т. е. $I_d = I_a / \sqrt{2}$

Наоборот, если известно действующее значение тока, то может быть вычислено амплитудное значение тока, т. е. $I_a = I_d \sqrt{2}$

Такие же соотношения будут действительны и для амплитудных и действующих значений э. д. с. и напряжений: $E_d = E_a / \sqrt{2}$, $U_d = U_a / \sqrt{2}$

Измерительные приборы чаще всего показывают действующие значения, поэтому при обозначениях индекс "д" обычно опускается, но забывать об этом не следует.



Полное сопротивление в цепях переменного тока

При включении в цепь переменного тока потребителей, имеющих индуктивность и емкость, приходится считаться как с активным, так и с реактивным сопротивлением (реактивное сопротивление появляется при включении конденсатора или катушки индуктивности в цепь переменного тока). Поэтому при определении тока, проходящего по такому потребителю, необходимо подведенное напряжение делить на **полное сопротивление цепи (потребителя)**.

Полное сопротивление (Z) цепи однофазного переменного тока определяется по следующей формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

где R — активное сопротивление цепи в омах, L — индуктивность цепи в генри, C — емкость цепи (конденсатора) в фарадах, ω — угловая частота переменного тока.

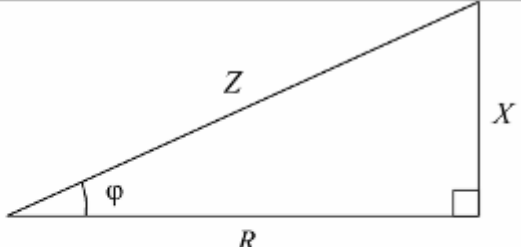
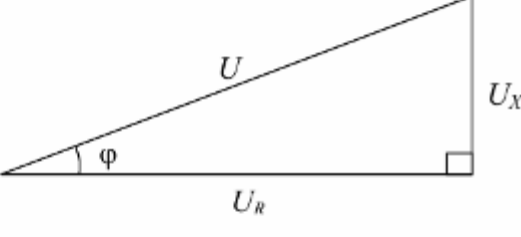
В цепях переменного тока применяются различные потребители, в которых необходимо учитывать или все три величины R , L , C или только некоторые из них. Одновременно с этим необходимо учитывать и угловую частоту переменного тока.

В некоторых потребителях при соответствующих значениях угловой частоты можно принимать во внимание только величины R и L . Так, например, при частоте переменного тока 50 гц катушку соленоида или обмотку генератора можно рассматривать лишь как содержащую активное и индуктивное сопротивление. Иначе говоря, емкостью в этом случае можно пренебречь. Тогда **полное сопротивление переменному току** такого потребителя можно подсчитать по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

Если такую катушку, или обмотку, рассчитанную для работы в цепи переменного тока, включить в цепь постоянного тока с таким же напряжением, по катушке пойдет очень большой ток, который может привести к значительному выделению тепла, и изоляция обмотки может быть повреждена. Напротив, по катушке, рассчитанной для работы в цепи постоянного тока и включенной в цепь переменного тока с тем же напряжением, будет проходить небольшой ток, и прибор, в котором применена эта катушка, не произведет необходимого действия.

Треугольник сопротивлений, треугольник напряжений и треугольник мощностей:

<p>а) треугольник сопротивлений</p> $Z = \sqrt{R^2 + X^2},$ $\cos \varphi = \frac{R}{Z}.$	
<p>б) треугольник напряжений</p> $U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2},$ $\cos \varphi = \frac{U_R}{U},$ $U_R = IR, U_X = IX$	
<p>в) треугольник мощностей</p> $S = \sqrt{P^2 + Q^2},$ $\cos \varphi = \frac{P}{S}$	