Переменный ток, в отличие от тока постоянного, непрерывно изменяется как по величине, так и по направлению, причем изменения эти происходят периодически, т. е. точно повторяются через равные промежутки времени.

Чтобы вызвать в цепи такой ток, используются **источники переменного тока, создающие переменную ЭДС, периодически изменяющуюся по величине и направлению.** Такие источники называются **генераторами переменного тока.**

На рис. 1 показана схема устройства (модель) простейшего генератора переменного тока.

Прямоугольная рамка, изготовленная из медной проволоки, укреплена на оси и при помощи ременной передачи вращается в поле магнита. Концы рамки припаяны к медным контактным кольцам, которые, вращаясь вместе с рамкой, скользят по контактным пластинам (щеткам).

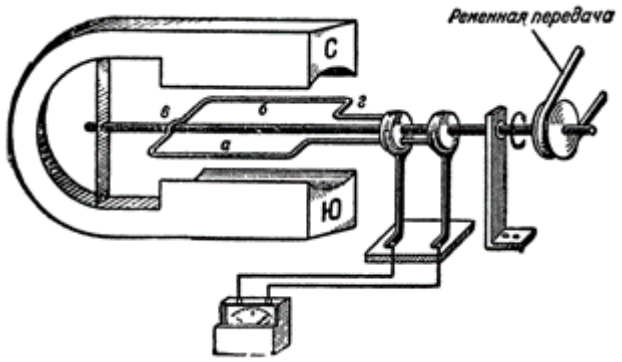

Рисунок 1. Схема простейшего генератора переменного тока

Убедимся в том, что такое устройство действительно является **источником переменной ЭДС.**

Предположим, что магнит создает между своими полюсами равномерное магнитное поле, т. е. такое, в котором плотность магнитных силовых линий в любой части поля одинаковая. вращаясь, рамка пересекает силовые линии магнитного поля, и в каждой из ее сторон а и б индуктируются ЭДС.

Стороны же в и г рамки — нерабочие, так как при вращении рамки они не пересекают силовых линий магнитного поля и, следовательно, не участвуют в создании ЭДС.

В любой момент времени ЭДС, возникающая в стороне а, противоположна по направлению ЭДС, возникающей в стороне б, но в рамке обе ЭДС действуют согласно и в сумме составляют обшую ЭДС, т. е. индуктируемую всей рамкой.

В этом нетрудно убедиться, если использовать для определения направления ЭДС известное нам **правило правой руки**.

Для этого надо ладонь правой руки расположить так, чтобы она была обращена в сторону северного полюса магнита, а большой отогнутый палец совпадал с направлением движения той стороны рамки, в которой мы хотим определить направление ЭДС. Тогда направление ЭДС в ней укажут вытянутые пальцы руки.

Для какого бы положения рамки мы ни определяли направление ЭДС в сторонах а и б, они всегда складываются и образуют общую ЭДС в рамке. При этом с каждым оборотом рамки направление общей ЭДС изменяется в ней на обратное, так как каждая из рабочих сторон рамки за один оборот проходит под разными полюсами магнита.

Величина ЭДС, индуктируемой в рамке, также изменяется, так как изменяется скорость, с которой стороны рамки пересекают силовые линии магнитного поля. Действительно, в то время, когда рамка подходит к своему вертикальному

положению и проходит его, скорость пересечения силовых линий сторонами рамки бывает наибольшей, и в рамке индуктируется наибольшая ЭДС. В те моменты времени, когда рамка проходит свое горизонтальное положение, ее стороны как бы скользят вдоль магнитных силовых линий, не пересекая их, и ЭДС не индуктируется.

Таким образом, **при равномерном вращении рамки в ней будет индуктироваться ЭДС, периодически изменяющаяся как по величине, так и по направлению.**

ЭДС, возникающую в рамке, можно измерить прибором и использовать для создания тока во внешней цепи.

Используя явление электромагнитной индукции, можно получить переменную ЭДС и, следовательно, переменный ток.

Переменный ток для промышленных целей и для освещения вырабатывается мощными генераторами, приводимыми во вращение паровыми или водяными турбинами и двигателями внутреннего сгорания.

.

Синусоидальный характер изменения тока — самый распространенный в электротехнике, поэтому, говоря о переменном токе, в большинстве случаев имеют в виду синусоидальный ток.

Для сравнения различных переменных токов (ЭДС и напряжений) существуют величины, характеризующие тот или иной ток. Они называются **параметрами переменного тока**.

Период, амплитуда и частота — параметры переменного тока

Переменный ток характеризуется двумя параметрами — **периодом** и **амплитудо**й, зная которые мы можем судить, какой это переменный ток, и построить график тока.

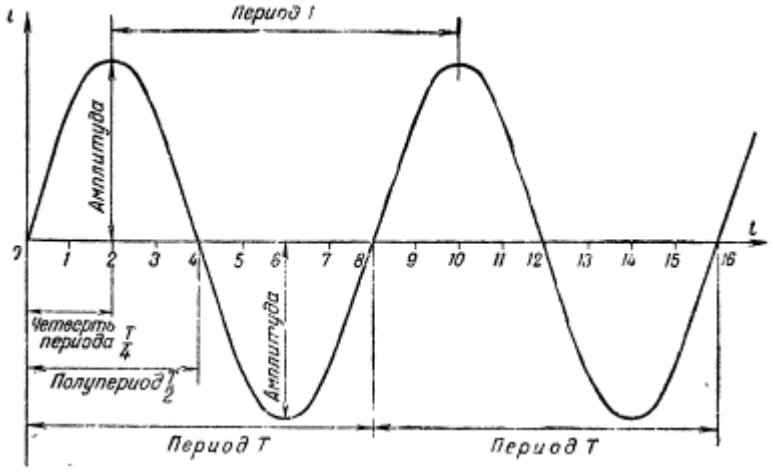

Рисунок 4. Кривая синусоидального тока

Промежуток времени, на протяжении которого совершается полный цикл изменения тока, называется периодом. Период обозначается буквой Т и измеряется в секундах.

Промежуток времени, на протяжении которого совершается половина полного цикла изменения тока, называется полупериодом. Следовательно, период изменения тока (ЭДС или напряжения) состоит из двух полупериодов. Совершенно очевидно, что все периоды одного и того же переменного тока равны между собой.

Как видно из графика, в течение одного периода своего изменения ток достигает дважды максимального значения.

Максимальное значение переменного тока (ЭДС или напряжения) называется его амплитудой или амплитудным значением тока.

Im, Em и Um — общепринятые обозначения амплитуд тока, ЭДС и напряжения.

Мы прежде всего обратили внимание на амплитудное значение тока, однако, как это видно из графика, существует бесчисленное множество промежуточных его значений, меньших амплитудного.

Значение переменного тока (ЭДС, напряжения), соответствующее любому выбранному моменту времени, называется его мгновенным значением.

i, e и u — общепринятые обозначения мгновенных значений тока, ЭДС и напряжения.

Мгновенное значение тока, как и амплитудное его значение, легко определить с помощью графика. Для этого из любой точки на горизонтальной оси, соответствующей интересующему нас моменту времени, проведем вертикальную линию до точки пересечения с кривой тока; полученный отрезок вертикальной прямой определит значение тока в данный момент, т. е. мгновенное его значение.

Очевидно, что мгновенное значение тока по истечении времени T/2 от начальной точки графика будет равно нулю, а по истечении времени - T/4 его амплитудному значению. Ток также достигает своего амплитудного значения; но уже в обратном на правлении, по истечении времени, равного 3/4 T.

Итак, график показывает, как с течением времени меняется ток в цепи, и что каждому моменту времени соответствует только одно определенное значение как величины, так и направления тока. При этом значение тока в данный момент времени в одной точке цепи будет точно таким же в любой другой точке этой цепи.

Число полных периодов, совершаемых током в 1 секунду, называется **частотой переменного тока** и обозначается латинской буквой f.

Чтобы определить частоту переменного тока, т. е. узнать, **сколько периодов своего изменения ток совершил в течение 1 секунды**, необходимо 1 секунду разделить на время одного периода $f = 1/T$. Зная частоту переменного тока, можно определить период: $T = 1/f$

Частота переменного тока измеряется единицей, называемой герцем.

Если мы имеем **переменный ток**, частота изменения которого равна 1 герцу, то период такого тока будет равен 1 секунде. И, наоборот, если период изменения тока равен 1 секунде, то частота такого тока равна 1 герцу.

Итак, мы определили **параметры переменного тока — период, амплитуду и частоту, — которые позволяют отличать друг от друга различные переменные токи, ЭДС и напряжения и строить, когда это необходимо, их графики.**

При определении сопротивления различных цепей переменному току использовать еще одна вспомогательную величину, характеризующую переменный ток, так называемую **угловую или круговую частоту**.

Круговая частота обозначается буквой ω и связана с частотой f соотношением $\omega = 2\pi f$

Поясним эту зависимость. При построении графика переменной ЭДС мы видели, что за время одного полного оборота рамки происходит полный цикл изменения ЭДС. Иначе говоря, для того чтобы рамке сделать один оборот, т. е. повернуться на 360°, необходимо время, равное одному периоду, т. е. T секунд. Тогда за 1 секунду рамка совершает 360°/T оборота. Следовательно, 360°/T есть угол, на который поворачивается рамка в 1 секунду, и выражает собой скорость вращения рамки, которую принято называть **угловой или круговой скоростью.**

Но так как период T связан с частотой f соотношением f=1/T, то и круговая скорость может быть выражена через частоту и будет равна ω = 360°f.

Итак, мы пришли к выводу, что ω = 360°f. Однако для удобства пользования круговой частотой при всевозможных расчетах угол 360°, соответствующий одному обороту, заменяют его радиальным выражением, равным 2π радиан, где π=3,14. Таким образом, окончательно получим ω = 2πf. Следовательно, чтобы определить круговую частоту переменного тока (ЭДС или напряжения), надо частоту в герцах умножить на постоянное число 6,28.

Действующее значение переменного тока

При прохождении электрического тока через проводник он нагревается.

Энергия, выделяемая при этом равна: $W = U \cdot I \cdot t$. Т.к. по закону Ома $U = I \cdot R$, то

$W = I^2 \cdot R \cdot t$ (2.30)

Это закон Джоуля-Ленца, который формулируется следующим образом:

Количество теплоты, выделяющееся в проводнике при прохождении по нему постоянного тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени его прохождения.

Значение периодического тока, равное такому значению постоянного тока, который за время одного периода произведет тот же самый тепловой или электродинамический эффект, что и периодический ток, называют **действующим значением** периодического тока:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt}, \qquad (3)$$

Аналогично определяются действующие значения ЭДС и напряжения.

Действующее значение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов

В соответствии с выражением (3) для действующего значения синусоидального тока запишем:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{I_m^2 \frac{1}{T}\int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2} dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\frac{I_m^2 \cdot T}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Аналогичный результат можно получить для синусоидальных ЭДС и напряжений. Таким образом, действующие значения синусоидальных тока, ЭДС и напряжения меньше своих амплитудных значений в $\sqrt{2}$ раз:

$$X = \frac{X_m}{\sqrt{2}}.$$