Переменный ток в осветительной сети квартиры, применяемый на заводах и фабриках и т. д., представляет собой не что иное, как вынужденные электромагнитные колебания. Сила тока и напряжение меняются со временем по гармоническому закону, частота колебаний определяется частотой подключённого в цепь источника напряжения.

Колебания напряжения легко обнаружить с помощью осциллографа. Если на вертикально отклоняющие пластины осциллографа подать напряжение от сети, то временная развёртка на экране будет представлять собой синусоиду (рис. 4.8). Зная скорость движения луча по экрану в горизонтальном направлении (она определяется частотой пилообразного напряжения), можно вычислить частоту колебаний. Частота переменного тока — это число колебаний в 1 с.

Если напряжение на концах цепи меняется по гармоническому закону, то и напряжённость электрического поля внутри проводников будет также меняться гармонически. Эти гармонические изменения напряжённости поля, в свою очередь, вызывают гармонические колебания скорости упорядоченного движения заряженных частиц и, следовательно, гармонические колебания силы тока. Но при изменении напряжения на концах цепи электрическое поле не меняется мгновенно во всей цепи. Изменения поля распространяются хотя и с очень большой, но не с бесконечно большой скоростью.

Однако, если время распространения изменений поля в цепи много меньше периода колебаний напряжения, можно считать, что электрическое поле во всей цепи сразу же меняется при изменении напряжения на концах цепи. При этом сила тока в данный момент времени будет иметь практически одно и то же значение во всех сечениях неразветвлённой цепи.

Переменное напряжение в гнёздах розетки осветительной сети создаётся генераторами на электростанциях.

Модель генератора переменного тока. Проволочную рамку, вращающуюся в постоянном однородном магнитном поле, можно рассматривать как простейшую модель генератора переменного тока. Поток магнитной индукции Ф, пронизывающий поверхность, ограниченную проволочной рамкой площадью S, пропорционален косинусу угла а между нормалью к рамке и вектором магнитной индукции (рис. 4.9): Ф = BS cos а.

При равномерном вращении рамки угол а увеличивается прямо пропорционально времени: а = a>t, где со — угловая скорость вращения рамки. Поток магнитной индукции меняется по гармоническому закону:

Здесь величина со играет уже роль циклической частоты.

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: где Wm = BSa — амплитуда ЭДС индукции. Возникающее переменное напряжение снимается с помощью контактных колец.

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

Мы будем изучать в дальнейшем вынужденные электрические колебания, происходящие в цепях под действием напряжения, меняющегося с циклической частотой со по формуле синуса или косинуса: где Uт — амплитуда напряжения, т. е. максимальное по модулю значение напряжения.

Если напряжение меняется с циклической частотой со, то и сила тока в цепи будет меняться с той же частотой. Но колебания силы тока необязательно 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 где 1т —- амплитуда силы тока, т. е. максимальное по модулю значение силы тока, а срс — разность (сдвиг) фаз между колебаниями силы тока и напряжения.

Резистор в цепи переменного тока. Пусть цепь состоит из соединительных проводов и нагрузки с малой индуктивностью и большим сопротивлением R (рис. 4.10).

Величину, которую мы до сих пор называли электрическим сопротивлением или просто сопротивлением, теперь будем называть активным сопротивлением.

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:

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:

В проводнике с активным сопротивлением колебания силы тока совпадают по фазе с колебаниями напряжения (рис. 4.11), а амплитуда силы тока определяется равенством.

Мощность в цепи с резистором. В цепи переменного тока промышленной частоты (v = 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.

Как правило, нас интересует значение средней мощности 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.

Мгновенная мощность в цепи переменного тока на участке, имеющем активное сопротивление R, определяется формулой

Найдём среднее значение мощности за период. Для этого сначала преобразуем формулу (4.18), подставляя в неё выражение (4.16) для силы тока и используя известное тригонометрическое соотношение

График зависимости мгновенной мощности от времени изображён на рисунке 4.12, а. Согласно графику (рис. 4.12, б) на протяжении одной восьмой периода, когда cos 2cot > О, мощность в любой момент времени больше, чем. Зато на протяжении следующей восьмой части периода, когда cos 2ю£ < О, мощность в любой момент времени меньше, чем. Среднее за период значение cos 2со£ равно нулю (см. рис. 4.12, б), а значит, равно нулю второе слагаемое в уравнении (4.19).

Средняя мощность Р равна, таким образом, первому слагаемому в формуле (4.19):

Действующие значения силы тока и напряжения. Из формулы (4.20) видно, что величина ~ есть среднее за период значение квадрата силы тока:

Величина, равная квадратному корню из среднего значения квадрата силы тока, называется действующим значением силы переменного тока.

Действующее значение силы переменного тока обозначается через I:

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 тока:

Заменяя в формуле (4.17) амплитудные значения силы тока и напряжения на их действующие значения, получаем.

Это закон Ома для участка цепи переменного тока с резистором. Амперметры и вольтметры регистрируют именно действующие значения силы переменного тока и напряжения.

Среднее значение мощности Р переменного тока.