

Цепь синусоидального переменного тока.

Процессы в цепях переменного тока принципиально отличаются от процессов в цепях постоянного тока, токи и напряжения которых неизменны. При неизменных токах в цепи не изменяются электрические и магнитные поля, связанные с цепью. В цепях переменного тока при изменениях напряжений и токов изменяются магнитные и электрические поля, связанные с цепью. При изменениях магнитных полей возникают ЭДС самоиндукции и взаимной индукции, а при изменениях электрических полей в цепи протекают зарядные и разрядные токи.

Применительно к цепям постоянного тока были сформулированы основные физические законы. Эти законы, очевидно, справедливы и в применении к цепям переменного тока, но только для реально существующих в каждый момент времени мгновенных значений величин. На основе выражений, составленных по этим законам для мгновенных значений, составляются уравнения и формулируются законы для векторов и изображений напряжений, ЭДС и токов в символическом виде.

Подобно тому как это было сделано для цепей постоянного тока, в цепях переменного тока показываются *условно положительные направления* ЭДС, напряжений и токов, которые в дальнейшем называются положительными направлениями. При переменных токах принятые положительные направления будут соответствовать действительности только в течении отрезков времени, но при составлении выражений в соответствии с принятыми направлениями важна только взаимная ориентировка направлений токов, ЭДС и напряжений. В соответствии с принятыми положительными направлениями для мгновенных токов, ЭДС и напряжений могут показываться изображения не только мгновенных значений, но и комплексные изображения этих величин, а также изображения амплитудных и действующих значений.

Далеко не во всех случаях необходимо учитывать всю сложность физических процессов, происходящих в цепях переменного тока. Наоборот, в большинстве случаев можно сделать ряд допущений, существенно упрощающих задачу и вместе с тем не приводящих к заметным отклонениям от действительности.

Равномерное распределение электрического и магнитного полей вдоль цепи наблюдается в сравнительно редких случаях, например в длинных линиях. Значительно чаще магнитное и электрическое поля распределяются вдоль цепи неравномерно. На одних участках цепи, например в конденсаторах, преобладает электрическое поле и выступают на первый план явления, связанные с его изменениями; на других участках, например в индуктивных катушках, преобладает магнитное поле и основным оказываются явления, возникающие вследствие изменения магнитного поля.

Точно так же и преобразование электромагнитной энергии в тепло часто бывает сосредоточено в основном в одном или нескольких участках цепи.

Рассмотрим в виде примера реостат. Он обладает наряду с сопротивлением r так же некоторой емкостью между отдельными его витками и некоторой индуктивностью. Однако, если частота переменного тока невелика или вообще ток изменяется по любому закону достаточно медленно, то токи смещения, отвечающие участкам проволоки в диэлектрике, ничтожны по сравнению с током проводимости в проволоке реостата. Этими токами смещения можно пренебречь, что эквивалентно тому, что емкость C между участками проволоки реостата принимается равной нулю. Точно так же при низкой частоте тока можно пренебречь электродвижущей силой самоиндукции в реостате по сравнению с падением напряжения в его сопротивлении, что эквивалентно принятию равной нулю индуктивности L реостата. Иными словами, абстрагируясь от действительно сложной картины явления, мы допускаем, что реостат обладает только сопротивлением $r \neq 0$ и имеем $L=0$ и $C=0$. Заметим, что такой участок цепи можно характеризовать также его проводимостью

$$g = \frac{1}{r}.$$

В качестве другого важного примера рассмотрим конденсатор. Вплоть до весьма высоких частот можно пренебречь индуктивностью L конденсатора и считаться только с его емкостью C . Если в цепи имеется реостат и конденсатор, и энергия, поглощаемая в реостате, значительно превышает энергию, теряемую в диэлектрике конденсатора, то в первом приближении последней можно пренебречь или даже можно учесть ее при расчете соответствующим изменением сопротивления реостата. При такой абстракции мы допускаем, что конденсатор обладает емкостью $C \neq 0$, но для него $L=0$ и $r=0$.

Наконец важным примером является индуктивная катушка. Если частота тока в катушке не слишком велика, то можно пренебречь токами смещения между витками проволоки катушки по сравнению с током проводимости в самой катушке, т.е. пренебречь емкостью C между витками катушки. При не очень малой частоте можно пренебречь падением напряжения в сопротивлении проволоки катушки по сравнению с индуцируемой в ней ЭДС, т.е. положить равным нулю сопротивление катушки. При желании можно учесть сопротивление катушки, предположив условно, что последовательно с катушкой, имеющей $r=0$, включен реостат, обладающий сопротивлением, равным сопротивлению проволоки действительной катушки. При такой абстракции мы полагаем, что катушка обладает индуктивностью $L \neq 0$ и имеем $r=0$ и $C=0$.

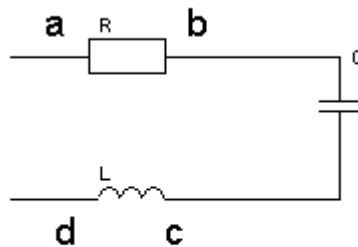


Рис.5.1

Пусть цепь (рис.5.1) образована из последовательно соединенных реостата (участок ab), конденсатора (участок bc) и индуктивной катушки (участок cd). Будем предполагать, что преобразование электромагнитной энергии в тепло происходит только в реостате на участке ab, т.е. на этом участке *сосредоточено* все сопротивление r цепи. Предположим, что токи электрического смещения существуют только на участке bc между обкладками конденсатора, т.е. в этом участке *сосредоточена* вся емкость C цепи. Наконец предположим, что переменный магнитный поток индуцирует ЭДС только в катушке на участке cd, т.е. что в этом участке *сосредоточена* вся индуктивность L цепи.

Подобного рода электрические цепи, имеющие в общем случае значительно более сложную конфигурацию и содержащие различные элементы, называют **электрическими цепями с сосредоточенными параметрами**.

Практическое значение указанных научных абстракций исключительно велико. Приняв сделанные в них допущения, мы получаем возможность построить теорию электрических цепей с сосредоточенными параметрами, охватывающую огромный класс реальных электрических цепей, содержащих самые различные технические устройства. Сюда относятся все обычные электрические цепи при промышленной, а также при звуковой частоте, за исключением длинных линий передачи энергии и протяженных линий связи. Многие электрические цепи, используемые в радиотехнике при весьма высоких частотах, также с большой точностью могут рассматриваться как цепи с сосредоточенными параметрами.

Электрическую цепь можно рассматривать как цепь с сосредоточенными параметрами, если скорости изменения напряжений и токов в цепи столь малы, что за время рас-

пространения электромагнитных волн вдоль всей цепи в любом направлении изменения напряжений и токов остаются малыми по сравнению с полными их изменениями в исследуемом режиме. При периодических токах и напряжениях это означает, что электромагнитная волна успевает пробежать вдоль всей цепи за ничтожную долю периода. В таких случаях можно не считаться с волновыми процессами, характеризующими переменное электромагнитное поле, и интересоваться в конденсаторах только изменением электрического поля, а в катушках только изменением магнитного поля. В частности при промышленной частоте 50 Гц, период составляет 0,02 сек. и при скорости распространения электромагнитной волны $v \cong 3 \cdot 10^8$ м/сек. длина волны $l=600$ км. Следовательно, электрические цепи, длиной несколько километров вполне могут рассматриваться как цепи с сосредоточенными параметрами. В дальнейшем мы будем рассматривать все цепи, как цепи с сосредоточенными параметрами.