

ТЕОРИЯ: ПОНЕМНОГУ — ОБО ВСЕМ

В. ПОЛЯКОВ, г. Москва

1.6. Реактивное сопротивление.

Если через обмотку катушки индуктивности с магнитопроводом (сердечником) пропустить переменный ток, изменяющийся по синусоидальному закону $\sin\omega t$ (см. рис. 3), возникнет, как мы говорили, магнитный поток, намагничивающий магнитопровод. Ток и магнитный поток в магнитопроводе будут также переменными и возбуждают в обмотке ЭДС индукции. Она равна напряжению на выводах катушки, и в то же время пропорциональна скорости изменения магнитного потока. В итоге напряжение будет сдвинуто по фазе на -90° относительно тока. Это значит, что ток отстает по фазе на 90° от напряжения.

Ток, протекающий через катушку, называется реактивным, и в отличие от тока через активное сопротивление, он не приводит к расходу мощности. Кроме того, напряжение на катушке при фиксированном токе пропорционально частоте, следовательно, сопротивление катушки возрастает с частотой. Напряжение на катушке может быть рассчитано по закону Ома, в который в качестве сопротивления надо подставить индуктивное сопротивление катушки: $X_L = j\omega L = j2\pi fL$ (**индуктивное сопротивление**). Перед обозначением реактивного сопротивления ставят символ j , в математике обозначающий мнимую величину, равную квадратному корню из -1 .

Посмотрим теперь, что получится, если к пластинам конденсатора приложить переменное напряжение, изменяющееся по синусоидальному закону $\sin\omega t$. Через конденсатор потечет переменный ток, вызванный тем, что пластины конденсатора должны будут перезаряжаться столько раз в секунду, сколько раз ток изменяет свое направление. Заряд на пластинах прямо пропорциона-

лен приложенному напряжению ($q = CU$), а ток пропорционален скорости изменения заряда ($I = dq/dt$).

Таким образом, ток через конденсатор также реактивный, но опережает напряжение на 90° . Ток пропорционален частоте, следовательно, емкостное сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте: $X_C = 1/j\omega C = -j/\omega C$ (**емкостное сопротивление**).

Зависимости реактивных сопротивлений от частоты показаны на рис. 6,а. В реальных электрических цепях встречаются как реактивные, индуктивные и емкостные, так и активные сопротивления. Вместе они образуют комплексные, или полные сопротивления, обозначаемые буквой Z и математически представляющие собой комплексные числа, содержащие действительную R и мнимую X части: $Z = R + jX$ (**полное сопротивление**).

Как складываются активные сопротивления при последовательном и параллельном соединении, мы уже изучали (рис. 2,г), и теперь нам осталось сказать, что и полные сопротивления складываются точно так же, только не надо забывать про знак реактивного сопротивления и символ j .

Будет очень полезно, если вы немного потренируетесь и попытаетесь написать полное сопротивление цепей, содержащих различным образом включенные катушки индуктивности, конденсаторы и резисторы (рис. 6, б-д). Очень скоро вы убедитесь, что одно и то же полное сопротивление на одной, заданной частоте могут иметь цепи, выполненные по-разному, и это открывает возможность их преобразования.

Например, цепь из последовательно соединенных резистора и конденсатора можно заменить цепью, где те же элементы включены параллельно, но, разумеется, номиналы у них будут другими. Также легко убедиться, что при последовательном соединении двух катушек их индуктивности складываются, а вот емкости складываются при параллельном соединении конденсаторов. Ну а теперь перейдем к обещанному рассказу о трансформаторах.

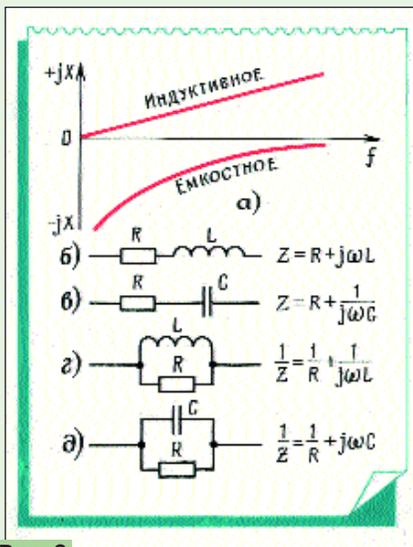


Рис. 6

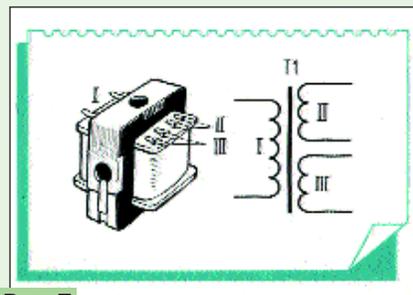


Рис. 7

1.7. Трансформаторы и электрические сети.

Трансформатор имеет замкнутый магнитопровод (рис. 4,г, д) из материала с высокой относительной проницаемостью (трансформаторной стали, феррита) и содержит несколько обмоток. Магнитопроводы бывают кольцевые — для тороидальных трансформаторов — или набранные из пластин Ш-образной формы. Применяются также, например, в трансформаторах питания телевизоров, магнитопроводы из двух U-образных половинок с пришлифованными торцами. Они называются ленточными разрезными (серии ПЛ), поскольку наматываются из тонкой ферромагнитной ленты, смазанной клеем или лаком, а после высушивания разрезаются на две половинки, которые затем вставляются в катушку трансформатора и туго сжимаются.

На принципиальных схемах трансформаторы обозначают так, как показано на рис. 7. Первичная обмотка (I) присоединяется к источнику переменного тока (на постоянном токе трансформатор не работает!), обычно к электрической сети, и поэтому часто называется сетевой обмоткой. Для разбора принципа действия трансформатора предположим вначале, что к вторичным обмоткам (II, III) ничего не присоединено — это будет режим холостого хода.

Через первичную обмотку потечет реактивный ток, намагничивающий сердечник трансформатора и равный напряжению сети, деленному на индуктивное сопротивление первичной обмотки. У правильно спроектированного трансформатора он не должен быть слишком большим, чтобы не вызывать бесполезный нагрев проводов, поэтому первичная обмотка должна иметь достаточное число витков. Очень часто из мнимой экономии берут малое количество витков, и тогда трансформатор гудит, греется и создает большие внешние поля рассеяния, т.е. электромагнитные помехи.

Реактивный ток холостого хода не вызывает потребления мощности из сети, другими словами, электрический счетчик от включенного на холостом ходу трансформатора крутиться не должен. Переменный магнитный поток сердечника по закону электромагнитной индукции создает на выводах всех обмоток переменное напряжение, пропорциональное их числу витков. На первичной обмотке это напряжение равно напряжению сети, а на вторичных обмотках может быть любым, в зависимости от числа витков. Соответственно и вторичные обмотки, а иногда и сам трансформатор, называют повышающими или понижающими. Универсальным показателем для всех обмоток служит число витков на один вольт напряжения.

Подключим теперь к вторичной обмотке (II) какую-либо нагрузку, например лампочку накаливания. Потечет активный ток, и лампочка загорится.