Конденсатор в цепи переменного тока. Постоянный ток, в отличие от переменного, не может идти по цепи, содержащей конденсатор. Ведь фактически при этом цепь оказывается разомкнутой. В этом можно убедиться с помощью простого опыта.

Пусть у нас имеются источники постоянного и переменного напряжений. Цепь состоит из конденсатора и лампы накаливания (рис. 4.13), соединённых последовательно. При включении постоянного напряжения (переключатель повёрнут влево, цепь подключена к точкам АЛ') лампа не светится. Но при включении переменного напряжения (переключатель повёрнут вправо, цепь подключена к точкам ВВ') лампа загорается, если ёмкость конденсатора и действующее напряжение источника достаточно велики. Как же переменный ток может идти по цепи, если она фактически разомкнута? Всё дело в том, что происходит периодическая зарядка и разрядка конденсатора под действием переменного напряжения. Ток, идущий в цепи при перезарядке конденсатора, нагревает нить лампы.

Установим, как меняется со временем сила тока в цепи, содержащей только конденсатор, если сопротивлением проводов и обкладок конденсатора можно пренебречь (рис. 4.14).

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на концах цепи. Следовательно.

Заряд конденсатора меняется по гармоническому закону.

Сила тока, представляющая собой производную заряда по времени, равна.

Колебания силы тока опережают по фазе колебания напряжения на конденсаторе на.

Амплитуда силы тока равна:

Если ввести обозначение и вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то получим.

Величину Хс, обратную произведению соС циклической частоты на электрическую ёмкость конденсатора, называют ёмкостным сопротивлением.

Роль этой величины для амплитудных и действующих значений силы тока и напряжения аналогична роли активного сопротивления R в законе Ома (см. формулу (4.17)). Это позволяет рассматривать величину Хс как сопротивление конденсатора переменному току (ёмкостное сопротивление).

Чем больше ёмкость конденсатора, тем больше ток перезарядки. Это легко обнаружить по увеличению накала лампы при увеличении ёмкости конденсатора. В то время как сопротивление

конденсатора постоянному току бесконечно велико, его сопротивление переменному току имеет конечное значение Хс. С увеличением ёмкости оно уменьшается. Уменьшается оно и с увеличением частоты ю.

Следует отметить, что на протяжении четверти периода, когда конденсатор заряжается до максимального напряжения, энергия поступает в цепь и запасается в конденсаторе в форме энергии электрического поля. В следующую четверть периода, при разрядке конденсатора, эта энергия возвращается в сеть.

Катушка индуктивности в цепи переменного тока. Индуктивность в цепи, так же как и ёмкость, влияет на силу переменного тока. Это можно доказать с помощью простого опыта.

Соберём цепь из катушки с большой индуктивностью и электрической лампы накаливания (рис. 4.16). С помощью переключателя можно подключить эту цепь либо к источнику постоянного напряжения, либо к источнику переменного напряжения. При этом постоянное напряжение и действующее значение переменного напряжения должны быть равны. Опыт показывает, что лампа светится ярче при постоянном напряжении. Следовательно, действующее значение силы переменного тока в рассматриваемой цепи меньше силы постоянного тока.

Объясняется это различие явлением самоиндукции. При подключении катушки индуктивности к источнику постоянного напряжения сила тока в цепи нарастает постепенно. Возникающее при этом вихревое электрическое поле тормозит движение электронов. Лишь по прошествии некоторого времени сила тока достигает наибольшего (установившегося) значения, соответствующего данному постоянному напряжению.

Если напряжение быстро меняется, то сила тока не будет успевать достигнуть тех значений, которые она приобрела бы с течением времени при постоянном напряжении.

Следовательно, максимальное значение силы переменного тока (его амплитуда) ограничивается индуктивностью цепи и будет тем меньше, чем больше индуктивность и чем больше частота приложенного напряжения.

Определим силу тока в цепи, содержащей катушку, активным сопротивлением которой можно пренебречь (рис. 4.17). Для этого предварительно найдём связь между напряжением на катушке и ЭДС самоиндукции в ней.

Если сопротивление катушки равно нулю, то и напряжённость электрического поля внутри проводника в любой момент времени должна быть равна нулю. Иначе сила тока согласно закону Ома была бы бесконечно большой. Равенство нулю напряжённости поля оказывается возможным потому, что напряжённость Et вихревого электрического поля, порождаемого переменным магнитным полем, в каждой точке равна по модулю и противоположна по направлению напряжённости Ек кулоновского поля, создаваемого в проводнике зарядами, расположенными на зажимах источника и в проводах цепи.

Из равенства Et = —Ек следует, что работа сил вихревого поля по перемещению единичного электрического заряда равна по модулю и противоположна по знаку удельной работе кулоновского поля.

Учитывая, что удельная работа кулоновского поля равна напряжению на концах катушки, можно записать.

При изменении силы тока по гармоническому закону ЭДС самоиндукции равна.

Так как, то напряжение на концах катушки оказывается равным.

амплитуда напряжения.

Колебания напряжения на катушке опережают по фазе колебания силы тока на —, или, что то же самое, колебания силы тока отстают по фазе от колебаний напряжения на — (рис. 4.18).

Амплитуда силы тока в катушке равна:

Если ввести обозначение и вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то получим.

Величину XL, равную произведению циклической частоты на индуктивность, называют индуктивным сопротивлением.

Согласно формуле (4.34) действующее значение силы тока связано с действующим значением напряжения и индуктивным сопротивлением соотношением, подобным закону Ома для цепи постоянного тока.

Индуктивное сопротивление зависит от частоты со. Постоянный ток вообще «не замечает» индуктивности катушки. При со = 0 индуктивное сопротивление равно нулю (Хь = 0).

Чем быстрее меняется напряжение, тем больше ЭДС самоиндукции и тем меньше амплитуда силы тока.

Резистор, конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока. Рассмотрим цепь, содержащую все элементы: резистор сопротивлением R, катушку индуктивностью L, конденсатор ёмкостью С и источник переменного напряжения и = Umcos соt (рис. 4.19). В любой момент времени ЭДС источника равна сумме напряжений на отдельных элементах цепи:

Так как эти напряжения отличаются по фазе, то сумма амплитудных значений напряжений не будет равна амплитудному значению ЭДС источника.

Полное сопротивление цепи состоит из активного, ёмкостного и индуктивного сопротивлений:

Из этой формулы видно, что полное сопротивление цепи зависит от частоты подаваемого источником напряжения.

Для силы тока в цепи имеем выражение где разность фаз между током и напряжением — определяется равенством.

Средняя мощность, выделяемая з цепи на активном сопротивлении R, равна:

где cos ф0 называется коэффициентом мощности. Если XL - Хс = 0, то 90 = 0 и выражение для мощности имеет вид

В этом случае в цепи выделяется максимальная мощность, наступает явление резонанса.