

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС

Лобов Алексей Константинович

студент, Лысьвенский филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Пермский национальный исследовательский политехнический университет, РФ, г. Лысьва

Кожевников Виктор Анатольевич

студент, Лысьвенский филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Пермский национальный исследовательский политехнический университет, РФ, г. Лысьва

Лепихин Александр Васильевич

научный руководитель, Лысьвенский филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Пермский национальный исследовательский политехнический университет, РФ, г. Лысьва

ВВЕДЕНИЕ

Резонанс — явление резкого увеличения амплитуды вынужденных колебаний. Резонанс весьма часто наблюдается в природе и играет огромную роль в технике. Большинство сооружений и машин способны совершать собственные колебания, поэтому периодические внешние воздействия могут вызвать их резонанс; например, резонанс моста под действием периодических толчков при прохождении поезда по стыкам рельсов, резонанс фундамента сооружения или самой машины под действием не вполне уравновешенных вращающихся частей машин и т. д. Известны случаи, когда целые корабли входили в резонанс при определённых числах оборотов гребного вала. Во всех случаях резонанс приводит к резкому увеличению амплитуды вынужденных колебаний всей конструкции и может привести даже к разрушению сооружения.

Для устранения резонанса подбирают свойства системы так, чтобы её нормальные частоты были далеки от возможных частот внешнего воздействия, либо используют в том или ином виде явление антирезонанса (применяют т. н. поглотители колебаний, или успокоители). В радиотехнике резонанс - почти единственный метод, позволяющий отделить сигналы одной (нужной) радиостанции от сигналов всех остальных (мешающих) станций.

В радиотехнике различают два случая резонанса в колебательных контурах: резонанс напряжений и резонанс токов.

Явление резонанса напряжений носит актуальный характер и широко освещено в отечественной и зарубежной литературе. Катушка индуктивности вносит сдвиг фаз, при котором ток отстает от напряжения на четверть периода, конденсатор же, наоборот, заставляет напряжение в цепи отставать по фазе от тока на четверть периода. Таким образом, действие индуктивного сопротивления на сдвиг фаз между током и напряжением в цепи противоположно действию емкостного сопротивления.

Это приводит к тому, что общий сдвиг фаз между током и напряжением в цепи зависит от соотношения величин индуктивного и емкостного сопротивлений.

Если величина емкостного сопротивления цепи больше индуктивного, то цепь носит емкостный характер, т.е. напряжение отстает по фазе от тока. Если же, наоборот, индуктивное сопротивление цепи больше емкостного, то напряжение опережает ток, и, следовательно, цепь носит индуктивный характер.

Общее реактивное сопротивление рассматриваемой нами цепи определяется путем сложения индуктивного сопротивления катушки и емкостного сопротивления конденсатора.

Резонанс в электрической цепи – это режим пассивной цепи (в состав которой входят конденсаторы и катушки индуктивности), при котором ее входное реактивное сопротивление или входная реактивная мощность равны нулю.

В том случае, когда ток отличается от нуля, при резонансе он по фазе совпадает с напряжением. В электрических цепях резонанс возникает на определенной частоте, когда емкостная и индуктивная составляющие реакции системы уравновешены - энергия может циркулировать между электрическим полем конденсатора и магнитным полем индуктивности. Процесс резонанса заключается в следующем. Магнитное поле индуктивного элемента цепи генерирует ток, который заряжает конденсатор, его разрядка создает магнитное поле в индуктивности. Электрическое устройство, состоящее из конденсатора и индуктивности - колебательный контур. Они могут быть включены следующими образами:

- Последовательным, при котором возникает резонанс напряжений.
- Параллельным, при котором возникает резонанс токов.

Когда достигается резонанс, импеданс (комплексное сопротивление между двумя узлами цепи) последовательно соединенных емкости и индуктивности - минимален, а при параллельном - максимален. Резонансные явления используются в электрических фильтрах и элементах настройки. Частота, при которой возникает резонанс, определяется номиналами использующихся элементов. Но резонанс также может быть вреден, когда он возникает по причине повреждения, он становится причиной искажения сигнала, паразитного шума, а также повреждения компонентов.

На практике резонансная частота связана с полосой пропускания - диапазоном частот, в котором реакция системы почти не отличается от реакции на частоте резонанса. Ширина пропускания определяется добротностью всей системы.

В сверхвысокочастотной электронике применяются объемные резонаторы, как правило тороидальной или цилиндрической геометрии, с размерами порядка длины волны, где возможны добротные колебания электромагнитного поля на определенных частотах, которые в свою очередь определяются граничными условиями.

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗОНАНСА ТОКОВ В ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Ток, протекающий внутри цепи с параллельным, последовательным или смешанным соединением составляющих, является причиной получения различных режимов функционирования. Получается, что резонанс цепи - режим участка, содержащего емкость и индуктивность, а угол фазового сдвига между показателями напряжения и токовыми величинами нулевой. Резонанс при параллельном соединении элементов электрической цепи обусловлен равным реактивным сопротивлением. Необходимо учитывать тот факт, что для конденсатора и катушечной части характерно отсутствие активного сопротивления, а общие нулевые показатели внутри неразветвленной части цепи, а также большие величины тока в ее ветвях обусловлены равенством реактивного сопротивления. При параллельном соединении емкости и индуктивности получается колебательный контур, отличающийся наличием генератора, который создает колебания и не подключенного в контур, то есть система замкнута. При исследовании резонанса токов необходимо правильно произвести расчет колебательного контура, особенно при параллельном соединении элементов цепи, в дальнейшем это поспособствует предотвращению развития помех внутри системы. Сначала определяются с показателями мощности. Стандартная средняя мощность, которая рассеивается в условиях резонансного контура, может быть выражена среднеквадратичными

показателями напряжения и тока. При резонансе стандартный коэффициент мощности равен единице.

При исследовании резонансных явлений в электрической цепи строятся резонансные кривые, показывающие зависимость установившихся колебаний от частоты.

Чтобы получить максимально точные данные, полученные значения не должны подвергаться округлению. Некоторые специалисты для расчета значений резонансного контура применяют метод векторных диаграмм активных токовых величин. В данном случае гарантируется грамотный расчет и правильная настройка устройств. Резонансные цепи используются для выделения сигнала на необходимых частотах в результате фильтрации прочих сигналов, поэтому расчеты контура должны быть максимально точными.

РЕЗОНАНСНЫЕ РЕЖИМЫ

Резонансными режимами в цепях синусоидального тока называются такие режимы, при которых сдвиг фаз φ между напряжением на участке цепи и током равен нулю.

В цепи с последовательным соединением элементов R , L , C , сдвиг фаз между напряжением на зажимах участка цепи и током определяется через сопротивления этого участка цепи.

При равенстве реактивных сопротивлений он становится равным нулю. Напряжения на индуктивном и емкостном элементах равны между собой, поэтому резонанс в рассматриваемой цепи называют резонансом напряжений. Входное напряжение при этом равно напряжению на активном сопротивлении.

Из условия возникновения резонансного режима следует способ его достижения. Резонанс напряжений в цепи можно получить путем изменения одной из трех величин при постоянстве двух других:

- 1) $f = \text{var}$, $L = \text{const}$, $C = \text{const}$;
- 2) $f = \text{const}$, $L = \text{var}$, $C = \text{const}$;
- 3) $f = \text{const}$, $L = \text{const}$, $C = \text{var}$.

Характеристики, показывающие изменение напряжений, токов и других величин при изменении одного из параметров, называются резонансными характеристиками.

При значении частоты равной нулю, емкостное сопротивление равно бесконечности и ток в цепи равен нулю. Далее с увеличением частоты емкостное сопротивление уменьшается, а индуктивное увеличивается и ток возрастает до максимального значения при резонансе. При дальнейшем увеличении частоты ток уменьшается, когда индуктивное сопротивление стремится к бесконечности, он стремится к нулю.

При частоте, равной нулю напряжение на емкости равно сетевому напряжению, так как сопротивление конденсатора равно бесконечности, ток в цепи отсутствует, и все входное напряжение приложено к месту разрыва.

В резонансной цепи комплексное сопротивление равно активному сопротивлению и имеет минимальное значение $Z = R = \min$. Ток в такой цепи, как было указано выше, будет иметь максимальное значение.

В случае если реактивные сопротивления по величине гораздо больше активного сопротивления, в режиме резонанса напряжения на индуктивности и емкости могут во много раз превышать входное напряжение.

Соотношение напряжений в резонансном режиме определяется величиной добротности контура.

При параллельном соединении элементов R, L, C в цепи наблюдается резонанс токов.

При равенстве реактивных составляющих проводимостей угол сдвига фаз будет равен нулю, что и будет являться условием резонанса токов, при котором, равны реактивные составляющие токов индуктивного и емкостного элементов, входной ток равен току активного элемента и имеет минимальное значение.

При частоте равной нулю конденсатор представляет собой разомкнутый участок цепи и его ток равен нулю, а ток идеальной катушки стремится к бесконечности, так как катушки представляет собой короткозамкнутый участок. Входной ток при этом равен току катушки и стремится к бесконечности.

При резонансной частоте действующие значения емкостного и индуктивного токов равны. Эти токи находятся в противофазе и их векторная сумма равна нулю, входной ток равен току активного элемента и имеет минимальное значение.

При частоте, стремящейся к бесконечности, проводимость емкостного элемента стремится к бесконечности, а проводимость индуктивного элемента к нулю.

Входной ток становится практически равным току конденсатора и также стремится к бесконечности.

При частотах меньше резонансной угол сдвига фаз больше нуля, преобладает индуктивная составляющая проводимости. При частоте равной резонансной реактивные составляющие проводимостей равны и угол сдвига фаз равен нулю. При частотах больше резонансной угол сдвига фаз меньше нуля и стремится к значению $-\pi/2$, преобладает емкостная составляющая проводимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электрической цепью называется совокупность элементов, образующих пути для прохождения электрического тока. Электрическая цепь состоит из активных и пассивных элементов. Электрические цепи с постоянными параметрами - это такие цепи, в которых сопротивления резисторов, индуктивность катушек и емкость конденсаторов являются постоянными, не зависящими от действующих в цепи токов и напряжений. Такие элементы называются линейными. Резонанс - резкое возрастание амплитуды результирующих колебаний при совпадении собственных колебаний системы. Так как при резонансе внешняя сила совершает за период максимальную положительную работу над колебательной системой, то условие резонанса можно определить, как условие максимальной передачи энергии колебательной системе. В линейной электрической цепи, содержащей катушки индуктивности и конденсаторы, возможны свободные гармонические колебания энергии между магнитным полем катушки. В линейной электрической цепи возможен резонанс токов и резонанс напряжений. Резонанс в цепи с последовательным соединением источника энергии и реактивных элементов катушек и конденсаторов получил название резонанса напряжений. Резонанс в цепи с параллельным соединением источника энергии и реактивных элементов L и C получил название резонанса токов. Идеальных линейных элементов в природе не существует. В действительности параметры всех элементов в той или иной мере зависят от их физического состояния, т.е. от тока, напряжения, температуры. Если эта зависимость выражена незначительно, то ею при расчете цепей пренебрегают и элементы считают линейными. Однако существует обширный класс элементов электрических цепей, параметры которых существенно зависят от тока и напряжения и эту зависимость необходимо учитывать при расчете электрических цепей. Такие элементы получили название нелинейных, так как их физические характеристики не могут быть описаны уравнением прямой линии. Электрическая цепь называется нелинейной, если она содержит хотя бы один нелинейный элемент.

В некоторых случаях резонанс в электрической цепи может принести большой вред. Если цепь не рассчитана на работу в условиях резонанса, то его возникновение может привести к таким аварийным ситуациям, как разрушение изоляции проводников вследствие чрезмерно больших токов, протекающих по ним. Вследствие этого может произойти короткое замыкание.

Список литературы:

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов.-7-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. школа, 2008. – 528 с
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. В 2-х т.: Учебник для вузов. Том 1. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоиздат, 2007. – 536 с.