

УДК 621.311

**РАЗНОВИДНОСТИ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ
TYPES OF INDUCTORS**

А.В. Виршич, Н.Ф. Жихович

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Virshych, N. Zhihovich

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian National Technical University, Minsk

Аннотация: В работе рассматриваются различные виды катушек индуктивности, их классификация, характеристики, а так же их области применения.

Abstract: The paper discusses various types of inductors, their classification, characteristics, as well as their areas of application.

Ключевые слова: Индуктивность, многофункциональные магнитные компоненты, конденсатор, дроссель, колебания.

Keywords: Inductance, multifunctional magnetic components, capacitor, choke, oscillation.

Введение

Ни для кого не секрет, что сегодня катушки индуктивности очень распространены. Они широко применяются в таких областях, как электротехника, в качестве колебательных контуров, накопителей энергии, ограничителях тока. Поэтому их можно встретить везде, начиная от самых маленьких схем и заканчивая гигантскими подстанциями. В этом докладе мы расскажем, что такое катушка индуктивности, какие существуют разновидности катушек, и где они применяются.

Катушка индуктивности – винтовая, спиральная или винто-спиральная катушка из свёрнутого изолированного проводника, обладающая большой индуктивностью при сравнительно малой ёмкости и малом активном сопротивлении. Как отмечалось ранее, катушки индуктивности встречаются почти везде. Их существует бесчисленное множество, поэтому они подразделяются на классы: катушки связи, вариометры, катушки колебательных контуров, дроссель, сдвоенный дроссель.

Кроме этого стоит отметить, что катушки индуктивности играют важнейшую роль в многофункциональных магнитных радиокомпонентах (ММРК), которые в свою очередь делятся на амплитудные и угловые. Амплитудные ММРК мы рассмотрим на примере: параметрического трансформатора (паратранс), имеющих конденсаторы и катушки индуктивности (индукконы), трансформатора-фильтра.

А угловые ММРК на примере: трансформатора-делителя частоты вдвое, трансформатора – фазовращателя, трансформатора-конвертора однофазного напряжения в трехфазное напряжение.

Основная часть

Катушки связи представляют собой две, три или более катушки, размещенные друг относительно друга таким образом, чтобы взаимодействовать своими магнитными полями (иногда встречаются катушки, которые включены совместно с конденсаторами). Таким образом, осуществляется трансформаторная связь между различными каскадами, контурами. Применение катушек связи можно увидеть на усилителях звуковой частоты, которые имеют драйверный и выходной каскады, их можно разделить путем применения трансформаторной связи. Кроме этого, таким способом, могут быть соединены между собой база выходного каскада и цепь коллектора предыдущего каскада, акустического усилителя. Конкретно здесь не так важна высокая добротность, как для резонансных цепей, поэтому обмотки трансформаторов связи, как правило, делают с большим количеством витков и тонким проводом, добиваясь главной цели – высокой взаимной индукции связываемых цепей.

Вариометр представляет собой катушку, у которой можно перестраивать индуктивностью. Такие катушки полезны для регулировки резонансной частоты настраиваемых колебательных контуров. Вариометр состоит из нескольких частей. Две части катушки соединены последовательно и таким образом, чтобы одна из частей могла бы физически двигаться, т.е. поворачиваться или отодвигаться относительно другой. То есть получим, что одна часть неподвижна, а другая представляет собой как бы подвижный ротор внутри статора, который можно крутить. Или другой вариант - одна часть катушки по необходимости просто отодвигается от другой. Так же стоит отметить, что вариометр может быть без сердечника или, например, части катушки могут быть навиты на ферритовом сердечнике, на котором катушки можно двигать или есть возможность регулировать зазор самого магнитопровода. Вообще вариометры имеют очень разные конструкции, однако принцип остается один – изменение общей индуктивности катушки через изменения взаимного расположения ее частей. Индуктивность катушки вариометра может

Как отмечалось выше, одно из главных применений катушки индуктивности – включение ее совместно с конденсатором. Как известно, если совместить катушку с конденсатором, то образуется колебательный контур. Требования к контурным катушкам индуктивности в плане добротности очень высоки. Кроме этого у контурной катушки должна быть очень высокая температурная стабильность. Поэтому контурные катушки резонансных контуров изготавливают, как правило, из достаточно толстого провода, по сравнению с катушками связи, которые наматываются из тонкого провода. Данные катушки применяются во многих областях, на базе колебательных контуров работают различные приборы, передатчики и приемники.

Катушки индуктивности обладают одним очень важным свойством, а именно, они препятствуют изменению тока через ее провод. Данное свойство активно используется в дросселях. Дроссель, как и любая катушка, свободно пропускает установившийся постоянный ток, но оказывает высокое реактивное сопротивление переменному или пульсирующему току. Например, если включить дроссель последовательно нагрузке в цепи переменного тока, то

можно ограничить ток нагрузки. Нередко можно увидеть дроссель в качестве фильтра в цепи питания. Сетевые дроссели изготавливают на магнитопроводах из трансформаторной стали, а для радиочастот применяют феррит, также могут использоваться каркасы без сердечников. Дроссели могут быть также представлены в виде колец или бусинок. Они нанизываются на коммуникационные кабели для подавления синфазных высокочастотных помех.

Очевидно, что питание к нагрузкам от сети подается как минимум по двум проводам, здесь и применяются сдвоенные дроссели. Сдвоенный дроссель представляет собой две катушки, намотанные согласованно или встречно на один общий сердечник или на ферромагнитный каркас. Встречная намотка помогает фильтровать синфазные помехи в двухпроводной сети, а согласованная намотка – помогает препятствовать дифференциальным помехам. Такие двойные катушки часто встречаются во входных цепях блоков питания, в акустической сфере и на различных цифровых линиях. Они защищают прибор от попадания высокочастотного шума из сети, а сеть – от паразитных высокочастотных сигналов, генерируемых рабочими цепями прибора. Сдвоенные дроссели для низкочастотных сетевых цепей имеют сердечники из трансформаторной стали, а для высокочастотных – ферритовые сердечники или вообще не имеют сердечников.

Теперь рассмотрим применение катушек индуктивности в амплитудных ММРК.

Параметрический трансформатор является по существу низкочастотным индуктивным параметрическим генератором с определенной долей поведения обычного силового трансформатора. Паратранс в отличие от обычного трансформатора выполняет одновременно функции трансформатора, стабилизатора, защитного устройства, двухстороннего фильтра и при необходимости конвертера однофазного напряжения в трехфазное напряжение и обратно. Многофункциональность паратранса по перечисленным функциям делает особенно перспективным его применение в первую очередь в различных устройствах питания. Паратранс можно построить по любой из электромагнитных схем: балансной, мостовой, с взаимно ортогональным расположением обмоток. Достоинства и недостатки каждой связаны с конкретными условиями применения и требованиям. Возбуждение колебаний в паратрансе обязано чисто параметрическому механизму передачи энергии и не связано с взаимно индуктивной связью, как в обычном или феррорезонансном трансформаторе. Установившиеся колебания в паратрансе наступают в результате ограничения роста амплитуды возбужденных колебаний нелинейностью кривой намагничивания при переходе в область насыщения ферромагнетика. Многофункциональность паратранса обусловлена совместным использованием трансформаторной (поточковой) и параметрической связи между входом и выходом, свойств четности и нелинейности кривой намагничивания, свойств консервативной системы, каковой по существу является паратранс. В отличие от обычных параметронов, в которых частота выходного колебания в два раза ниже частоты накачки, в паратрансе частота выходного напряжения равна частоте источника питания. Независимо от схемно-конструктивного

исполнения функциональные свойства и характеристики качественно остаются неизменными, изменяясь количественно. Поскольку все функции взаимно коррелированы, то сильное подчеркивание одних функциональных свойств паратранса приводит к снижению других. К условным недостаткам паратранса можно отнести зависимость выходного напряжения от частоты питающего напряжения, которая характеризуется примерно 1–1,5% изменением амплитуды напряжения при 1%-ном изменении частоты. Габариты и масса паратранса в 1,2–1,5 раза больше габаритов и массы эквивалентного по мощности трансформатора. Частотная зависимость паратранса либо сравнительно просто компенсируется, либо используется как полезное свойство. Многофункциональность паратрансов при построении устройств питания на их основе позволяет получить выигрыш в габаритах и массах.

Для работы на частотах от десятков герц до единиц мегагерц конденсаторы и дроссели или катушки индуктивностей выпускаются промышленностью в виде отдельных элементов, радиокомпонентов электронной техники. В то же время, проводя в жизнь идеи конструктивно-технологической интеграции, принципиально допустимо и во многих случаях целесообразно создание и промышленный выпуск совмещенных конденсатора и катушки индуктивности или конденсатора и дросселя (индукон). При этом по сравнению с отдельным изготовлением этих изделий в индуконах решаются следующие задачи: уменьшаются габариты в два раза, сокращается в два раза расход меди или другого электропроводящего материала, изоляционных и конструктивных материалов, почти вдвое снижается трудоемкость, а следовательно, и себестоимость. В современных силовых устройствах питания при малых напряжениях и больших токах, когда в качестве электрического проводника обмоток необходимо использовать уже не провода с круглым сечением, а фольгу, выпуск индуконов особенно выигрышен. При создании ММРК, таких как паратрансы, употрансы, это дальнейший шаг в интеграции функций.

Некоторой разновидностью совмещенных конденсатора и катушки индуктивности является другой ММРК трансформатор-фильтр, который проявляет себя на резонансной частоте как источник тока, защитное устройство от к. з, фильтрующее устройство, трансформатор. Основная магнитная цепь и шунты набираются из пластин электротехнической стали (подобно обычным маломощным силовым трансформаторам), толщина которых определяется частотой питающей сети. Трансфильтр в соответствии с выполняемыми им функциями удобно использовать в качестве силового устройства питания нагрузок, сопротивления которых резко меняется (таких как газоразрядные лампы, электросварочные аппараты, магнитные приоры с насыщением и т. п.)

Рассмотрим применение катушек индуктивности в угловых ММРК.

Трансформатор-делитель частоты вдвое (трансделитель) представляет собой паратранс со смещением по входной цепи (цепи накачки) и в этом смысле по существу является индуктивным параметрическим генератором.

Трансделитель выполняет функции трансформации, деления частоты, стабилизации, защиты от перенапряжений и перегрузок, фильтрации. Конструктивно трансделитель может быть выполнен в таком же конструктивном

многообразии как паратранс и трансумножитель, т. е. на базе основных магнитных схем управляемых трансформаторов.

Трансформатор-фазовращатель (трансфазовращатель) выполняет функции трансформации и управления фазой выходного сигнала относительно входного. Конструктивно трансфазовращатель выполняется на основе мостовой магнитной схемы. Принцип работы трансфазовращателя основан на использовании эффекта изменения характера магнитного сопротивления, отдельных участков сложной разветвленной магнитной цепи. Иначе говоря, в сложной разветвленной магнитной цепи на различных ее участках физически допустимы ситуации, когда магнитный поток будет отставать, опережать или совпадать с м. д. с. На этом участке. В результате оказывается возможным построить магнитный мост с реактивным характером магнитных сопротивлений плеч, подобно электрическому мосту по переменному току, используемому для управления фазой выходного колебания относительно входного. Основные достоинства магнитного моста с реактивными магнитными сопротивлениями плеч, по сравнению с электрическим мостом по переменному току, заключены в следующем: возможность электрического соединения с заземлением по одному полюсу входа и выхода, для уменьшения наводок, при работе со слабыми сигналами, возможность повышения амплитуды выходного сигнала, по сравнению с входным, простота реализации плавного электрического или механического управления фазой выходного сигнала, стойкость к окружающим воздействиям, малое количество элементов, высокая надежность, доступность исходных материалов и их сравнительно невысокая стоимость.

Трансформатор параметрический-конвертор фазы (паракон) выполняет функции трансформации, преобразования однофазного напряжения в трехфазное напряжение. Конструктивно выполняется на основе паратрансов. При работе паракона используется эффект 90° фазового сдвига между выходным и входным напряжениями в паратрансе.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что катушки индуктивности играют очень важную роль в сегодняшней жизни. Они являются необходимыми компонентами почти в любых схемах. Здесь мы рассмотрели классификацию катушек индуктивности, их характеристики и, самое главное, установили области их практического применения. Рассуждая самостоятельно над возможностью использования катушек индуктивности, мы пришли к выводу, что можно расширить область применения катушки, как магнита. Особенно часто используются магниты больших размеров на предприятиях, где необходимо выполнять трудоемкую работу. Кроме этого мы предполагаем, что катушки индуктивности можно отлично применять как нагреватели, или источника энергии для нагрева. И, самое интересное, как датчики перемещения, так как изменение индуктивности катушки может изменяться в широких пределах при перемещении ферромагнитного сердечника относительно обмотки.

Литература

1. Разновидности катушек индуктивности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/2030-raznovidnosti-katushek-induktivnosti.html> – Дата доступа 26.10.2021
2. Массовая библиотека инженера «Электроника» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/"Massovaya_biblioteka_injenera_"Elektronika"/_"M_BIE".html](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/) – Дата доступа 27.10.2021
3. Школа для электрика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/429-transformatory-naznachenie.html> – Дата доступа 28.10.2021