

ТЕМА: КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ

Работу выполнила
Студентка 1 курса,
колледжа Агро технологий
и бизнеса
спец. «Ветеринария»
Шурыгина Александра.

ЧТО ТАКОЕ ИНДУКТИВНОСТЬ?

Индуктивность (или коэффициент самоиндукции) — коэффициент пропорциональности между электрическим ТОКОМ, текущим в каком-либо замкнутом контуре, и МАГНИТНЫМ ПОТОКОМ, создаваемым этим током через поверхность, краем которой является этот контур.

В формуле:

$$\Phi = LI$$

Φ — магнитный поток, I — сила тока в контуре, L — индуктивность.

- Через индуктивность выражается ЭДС самоиндукции в контуре, возникающая при изменении в нём тока:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$$

генри
Гн, Н

Величина индуктивность

Система СИ

Производная

ИЗ ЭТОЙ ФОРМУЛЫ СЛЕДУЕТ, ЧТО ИНДУКТИВНОСТЬ ЧИСЛЕННО РАВНА ЭДС САМОИНДУКЦИИ (В ВОЛЬТАХ), ВОЗНИКАЮЩЕЙ В КОНТУРЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СИЛЫ ТОКА НА 1 А ЗА 1 С.

- *При заданной силе тока индуктивность определяет энергию магнитного поля, создаваемого*

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

Где:

W – энергия магнитного поля

L - индуктивность

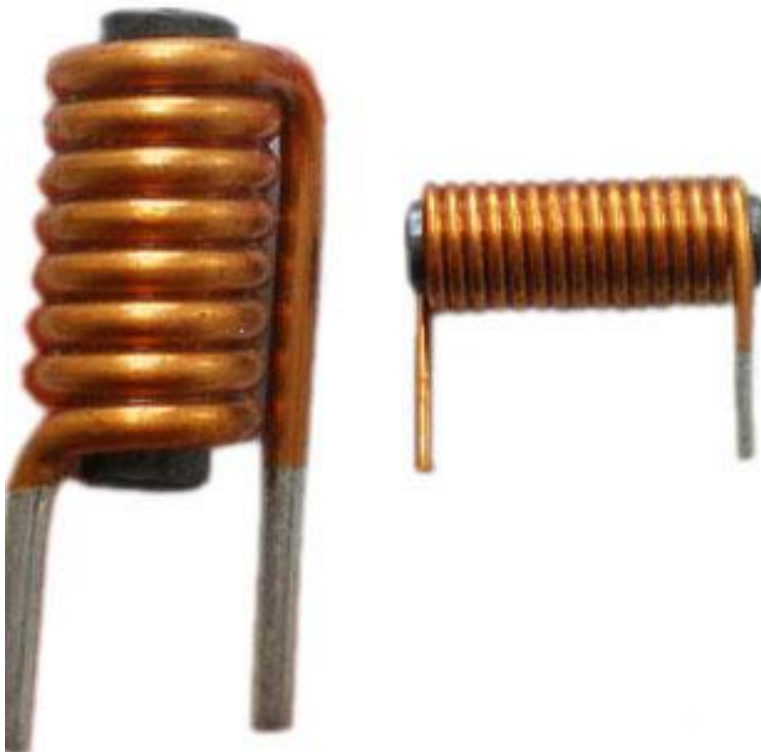
I – сила тока

Катушка

ИНДУКТИВНОСТИ — винтовая, спиральная или винтоспиральная катушка из свёрнутого изолированного проводника, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой ёмкости и малом активном сопротивлении. Как следствие, при протекании через катушку переменного электрического тока, наблюдается её значительная инерционность.



Обозначение на
электрических
принципиальных схемах



СВОЙСТВА КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

- Скорость изменения тока через катушку ограничена и определяется индуктивностью катушки.
- Сопротивление (модуль импеданса) катушки растет с увеличением частоты текущего через неё тока.
- Катушка индуктивности при протекании тока запасает энергию в своём магнитном поле. При отключении внешнего источника тока катушка отдаст запасенную энергию, стремясь поддержать величину тока в цепи. При этом напряжение на катушке нарастает, вплоть до пробоя изоляции или возникновения дуги на коммутирующем ключе.

Катушка индуктивности обладает реактивным сопротивлением, модуль которого

$$X_L = \omega L,$$

Где

L — индуктивность катушки

ω — циклическая частота протекающего тока.

Соответственно, чем больше частота тока, протекающего через катушку, тем больше её сопротивление.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

■ Индуктивность

Основным параметром катушки индуктивности является её индуктивность, численно равная отношению создаваемого током потока магнитного поля, пронизывающего катушку к силе протекающего тока. Типичные значения индуктивностей катушек от десятых долей мк Гн до десятков Гн.

Индуктивность катушки пропорциональна линейным размерам катушки, магнитной проницаемости сердечника и квадрату числа витков катушки. Индуктивность катушки-соленоида:

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot S_e \cdot N^2 / l_e,$$

где μ_0 — магнитная постоянная,

μ_r — относительная магнитная проницаемость материала сердечника (зависит от частоты),

S_e — площадь сечения сердечника,

l_e — длина средней линии сердечника,

N — число витков.

При последовательном соединении катушек общая индуктивность равна сумме индуктивностей всех соединённых катушек:

$$L = \sum_{i=1}^N L_i.$$

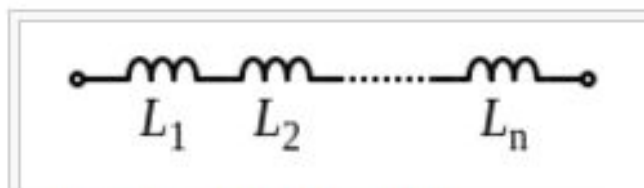
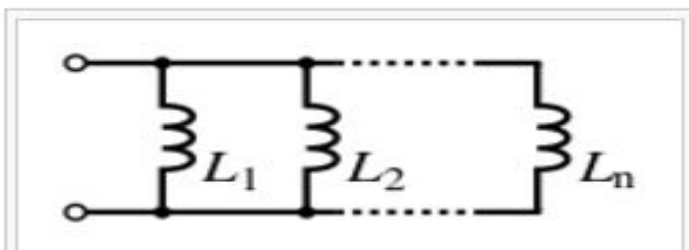


Схема последовательного соединения катушек индуктивности. Ток через каждую катушку один и тот же.

При параллельном соединении катушек общая индуктивность равна:

$$L = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{L_i}}.$$



Электрическая схема параллельного соединения нескольких катушек индуктивности. Напряжение на всех катушках одинаково

■ Сопротивление потерь

В катушках индуктивности помимо основного эффекта взаимодействия тока и магнитного поля наблюдаются паразитные эффекты, вследствие которых импеданс катушки не является чисто реактивным. Наличие паразитных эффектов ведёт к появлению потерь в катушке, оцениваемых сопротивлением потерь. Потери складываются из потерь в проводах, диэлектрике, сердечнике и экране:

$$R_{\text{ПОТ}} = r_w + r_d + r_s + r_e,$$

где r_w — потери в проводах,

r_d — потери в диэлектрике,

r_s — потери в сердечнике,

r_e — потери на вихревые токи

ПОТЕРИ В ПРОВОДАХ

Потери в проводах вызваны тремя причинами:

1. Провода обмотки обладают омическим (активным) сопротивлением.
2. Сопротивление провода обмотки возрастает с ростом частоты, что обусловлено скин-эффектом. Суть эффекта состоит в вытеснении тока в поверхностные слои провода. Как следствие, уменьшается полезное сечение проводника и растёт сопротивление.
3. В проводах обмотки, свитой в спираль, проявляется эффект близости, суть которого состоит в вытеснении тока под воздействием вихревых ТОКОВ и магнитного поля к периферии намотки. В результате сечение, по которому протекает ток, принимает серповидную форму, что ведёт к дополнительному возрастанию сопротивления провода.

ПОТЕРИ В ДИЭЛЕКТРИКЕ

Потери в диэлектрике (изоляции проводов и каркасе катушки) можно отнести к двум категориям:

- Потери от диэлектрика межвиткового конденсатора (межвитковые утечки и прочие потери, характерные для диэлектриков конденсаторов).
- Потери, обусловленные магнитными свойствами диэлектрика (эти потери аналогичны потерям в сердечнике).

В общем случае можно заметить, что для современных катушек общего применения потери в диэлектрике чаще всего пренебрежимо малы.

ПОТЕРИ В СЕРДЕЧНИКЕ

- Потери в сердечнике складываются из потерь на вихревые токи, потерь на перемагничивание ферромагнетика — на «гистерезис».

- **Потери на вихревые токи**

Переменное магнитное поле индуцирует вихревые ЭДС в окружающих проводниках, например в сердечнике, экране и в проводах соседних витков. Возникающие при этом вихревые токи (токи Фуко) становятся источником потерь из-за омического сопротивления проводников.

ДОБРОТНОСТЬ

Ь

С сопротивлениями потерь тесно связана другая характеристика — добротность. Добротность катушки индуктивности определяет отношение между активным и реактивным сопротивлениями катушки. Добротность равна:

$$Q = \frac{\omega L}{R_{\text{пот}}}$$

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ИНДУКТИВНОСТИ (ТКИ)

ТКИ — это параметр, характеризующий зависимость индуктивности катушки от температуры.

Температурная нестабильность индуктивности обусловлена целым рядом факторов: при нагреве увеличивается длина и диаметр провода обмотки, увеличивается длина и диаметр каркаса, в результате чего изменяются шаг и диаметр витков; кроме того при изменении температуры изменяются диэлектрическая проницаемость материала каркаса, что ведёт к изменению собственной ёмкости катушки. Очень существенно влияние температуры на магнитную проницаемость ферромагнетика сердечника:

$$TKL = \frac{\Delta L}{L\Delta T}$$

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДОБРОТНОСТИ (ТКД)

ТКД — это параметр, характеризующий зависимость добротности катушки от температуры. Температурная нестабильность добротности обусловлена тем же рядом факторов, что и индуктивности.

$$TKQ = \frac{\Delta Q}{Q\Delta T}$$

РАЗНОВИДНОСТИ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

■ Контурные катушки индуктивности, используемые в радиотехнике

Эти катушки используются совместно с конденсаторами для организации резонансных контуров. Они должны иметь высокую термо - и долговременную стабильность, и добротность, требования к паразитной ёмкости обычно несущественны.

■ Катушки связи, или трансформаторы связи

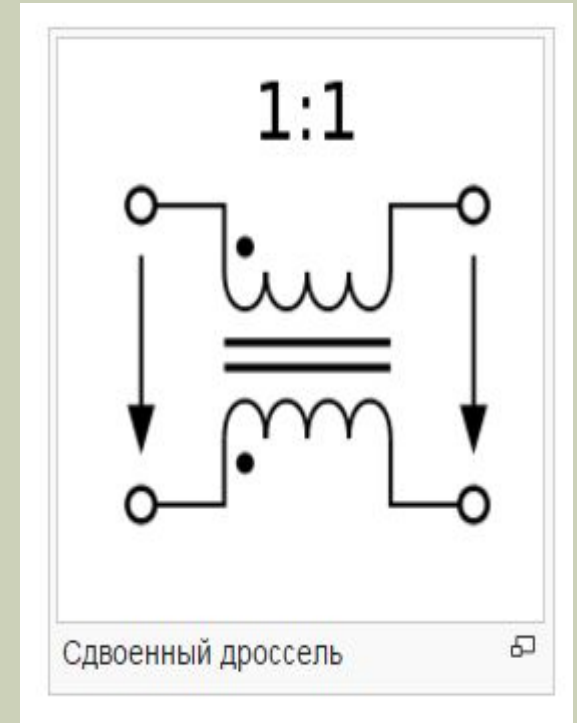
Взаимодействующие магнитными полями пара и более катушек обычно включаются параллельно конденсаторам для организации колебательных контуров. Такие катушки применяются для обеспечения трансформаторной связи между отдельными цепями и каскадами, что позволяет разделить по постоянному току, например, цепь базы последующего усилительного каскада от коллектора предыдущего каскада и т. д. К нерезонансным разделительным трансформаторам не предъявляются жёсткие требования на добротность и точность, поэтому они выполняются из тонкого провода в виде двух обмоток небольших габаритов. Основными параметрами этих катушек являются индуктивность и коэффициент связи (коэффициент взаимоиндукции).

■ **Вариометры** Это катушки, индуктивностью которых можно управлять (например, для перестройки частоты резонанса колебательных контуров) изменением взаимного расположения двух катушек, соединённых последовательно. Одна из катушек неподвижная (статор), другая обычно располагается внутри первой и вращается (ротор). Существуют и другие конструкции вариометров. При изменении положения ротора относительно статора изменяется степень взаимоиндукции, а следовательно, индуктивность вариометра. Такая система позволяет изменять индуктивность в 4 – 5 раз. В ферровариометрах индуктивность изменяется перемещением ферромагнитного сердечника относительно обмотки, либо изменением длины воздушного зазора замкнутого магнитопровода.

■ **Дроссели** Это катушки индуктивности, обладающие высоким сопротивлением переменному току и малым сопротивлением постоянному. Дроссели включаются последовательно с нагрузкой для ограничения переменного тока в цепи, они часто применяются в цепях питания радиотехнических устройств в качестве фильтрующего элемента, а также в качестве балласта для включения разрядных ламп в сеть переменного напряжения. Для сетей питания с частотами 50-60 Гц выполняются на сердечниках из трансформаторной стали. На более высоких частотах также применяются сердечники из пермаллоя или феррита. Особая разновидность дросселей — помехоподавляющие ферритовые бочонки (бусины или кольца), нанизанные на отдельные провода или группы проводов (кабели) для подавления синфазных высокочастотных помех.

Сдвоенные дроссели

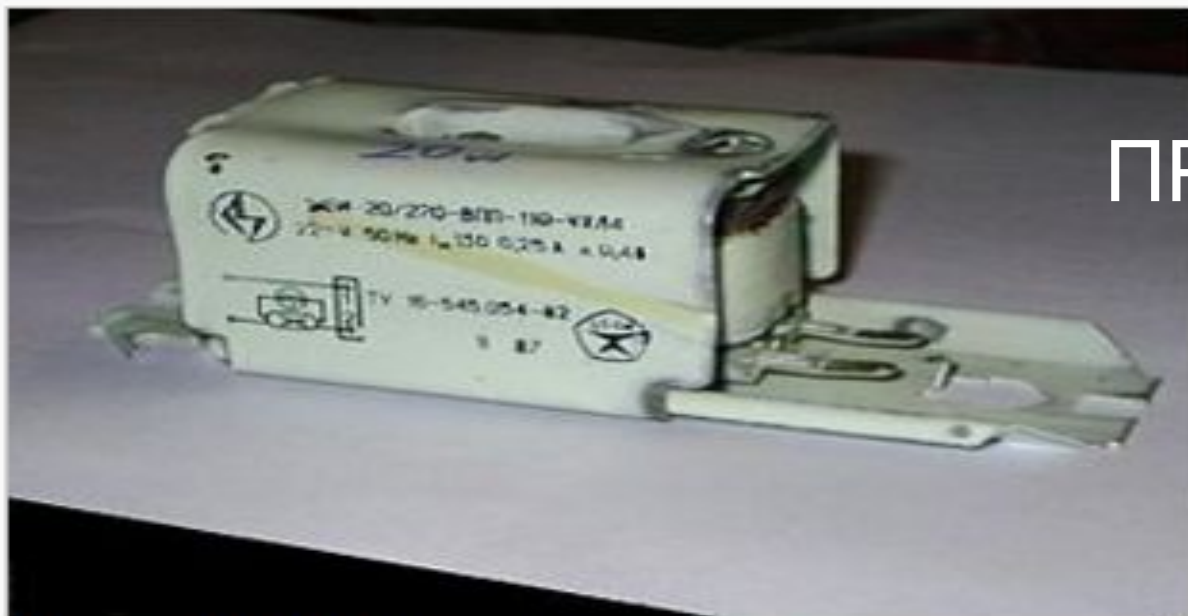
Это две намотанных встречно или согласованно катушки индуктивности, используются в фильтрах питания. За счёт встречной намотки и взаимной индукции более эффективны для фильтрации синфазных помех при тех же габаритах. При согласной намотке эффективны для подавления дифференциальных помех. Сдвоенные дроссели получили широкое распространение в качестве входных фильтров блоков питания; в дифференциальных сигнальных фильтрах цифровых линий, а также в звуковой технике ^{[2][3]}. Предназначены как для защиты источников питания от попадания в них наведённых высокочастотных сигналов из питающей сети, так и во избежание проникновения в питающую сеть электромагнитных помех, генерируемых устройством. На низких частотах используется в фильтрах цепей питания и обычно имеет ферромагнитный сердечник (из трансформаторной стали). Для фильтрации высокочастотных помех — сердечник



ПРИМЕНЕНИЕ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

- Катушки индуктивности (совместно с конденсаторами и/или резисторами) используются для построения различных цепей с частотно-зависимыми свойствами, в частности, фильтров, цепей обратной связи, колебательных контуров и т. п.
- Катушки индуктивности используются в импульсных стабилизаторах как элемент, накапливающий энергию и преобразующий уровни напряжения.
- Две и более индуктивно связанные катушки образуют трансформатор.
- Катушка индуктивности, питаемая импульсным током от транзисторного ключа, иногда применяется в качестве источника высокого напряжения небольшой мощности в слаботочных схемах, когда создание отдельного высокого питающего напряжения в блоке питания невозможно или экономически нецелесообразно. В этом случае на катушке из-за самоиндукции возникают выбросы высокого напряжения, которые можно использовать в схеме, например, выпрямив и сгладив.

- Катушки используются также в качестве электромагнитов — исполнительных механизмов.
- Катушки применяются в качестве источника энергии для нагрева индуктивно-связанной плазмы, а также её диагностики.
- Для радиосвязи — приёма электромагнитных волн, редко — для излучения:
 - Ферритовая антенна
 - Рамочная антенна, кольцевая антенна
 - DDRR
 - Индукционная петля
- Для разогрева электропроводящих материалов в индукционных печах.
- Как датчик перемещения: изменение индуктивности катушки может изменяться в широких пределах при перемещении ферромагнитного сердечника относительно обмотки.
- Катушка индуктивности используется в индукционных датчиках магнитного поля в индукционных магнитометрах^[4]
- Для создания магнитных полей в ускорителях элементарных частиц, магнитного удержания плазмы, в научных экспериментах, в ядерно-магнитной томографии. Мощные стационарные магнитные поля, как правило, создаются сверхпроводящими катушками.
- Для накопления энергии.



ПРИМЕР

Балластный дроссель. Конструкция, применяющаяся в качестве реактивного сопротивления для разрядных ламп на частоте 50 — 60 Гц. В связи с заметной зависимостью сопротивления дросселя от режима работы и от частотного спектра тока сопротивление дросселя определяется как отношение напряжения к току при замкнутой лампе и токе через дроссель, равный рабочему току лампы. В электронном пуско-регулирующем аппарате для люминесцентной лампы, работающем на частоте 20 — 50 кГц, дроссель изготавливается на ферритовом сердечнике и имеет существенно меньшие размеры.

