

Как моделировать работу катушки индуктивности в LTspice

Автор: [Mike](#)

5 ноября 2020

Дроссели или катушки индуктивности – это один из фундаментальных столпов среди электронных компонентов (Рис.1).

В этой статье мы узнаем, как мы можем моделировать работу катушки индуктивности с помощью LTspice, программы для моделирования цепей, где точность моделирования зависит от точности используемых моделей.



Рис. 1 – Примеры дросселей различного исполнения

Здесь мы обсудим три разные модели, начиная с самой низкой сложности (линейной), затем рассмотрим золотую середину (нелинейную) и перейдем к самой высокой сложности (модель CHAN). Попутно вы также узнаете некоторые хитрости LTspice.

Дроссели представляют собой верхний предел накопления магнитной энергии. Когда достигается ток насыщения, катушка теряет магнитные свойства, такие как проницаемость. Когда это происходит, катушки не могут продолжать накапливать энергию. Эта ситуация меняется на противоположную, как только ток, протекающий через дроссель, уменьшается. Эту концепцию насыщения необходимо учитывать в моделях, чтобы выполнять точное моделирование таких приложений, как источники питания, где решающее значение имеют магнитные компоненты.

Особенность дросселей заключается в том, что даже если мы уберем ток намагничивания, циркулирующий через катушку индуктивности, плотность магнитного потока, связанная с материалом сердечника дросселя, сама по себе не уменьшится до нуля. Нам нужно подать ток в обратном направлении, чтобы вернуть катушку индуктивности в ненамагниченное состояние. Это явление называется гистерезисом и является одной из основных характеристик, определяющих применение магнитного материала.

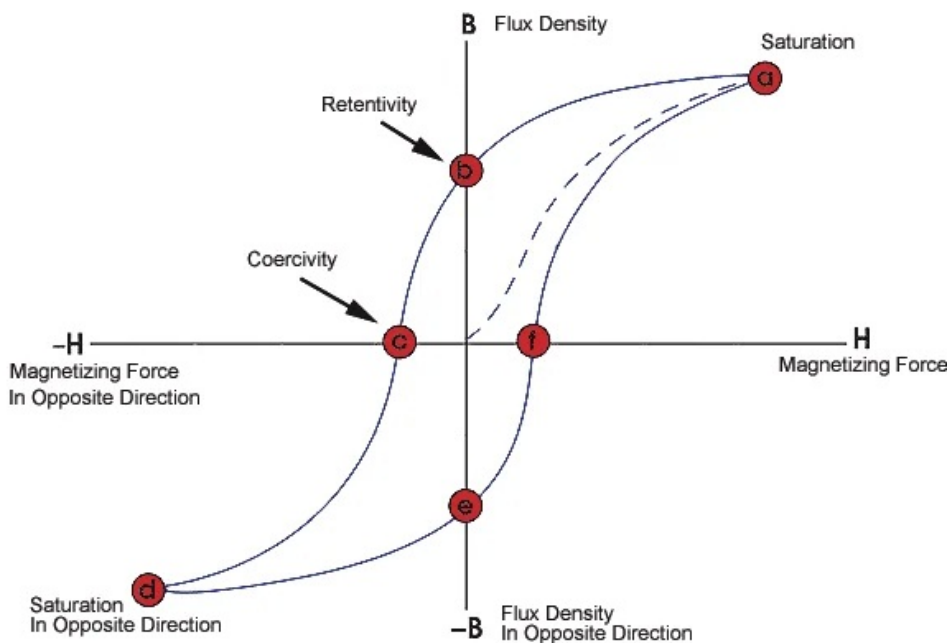


Рис. 2 – Схематичное представление петли гистерезиса

Как показано на рисунке 2, мы можем видеть, что величина магнитного потока, присутствующего в катушке индуктивности, зависит не только от приложенного тока, но и от предыдущего состояния катушки индуктивности.

В идеале дроссели имеют только индуктивность, которая измеряется в генри (Гн). Однако в реальном мире мы должны довольствоваться паразитными составляющими, которые всегда присутствуют в индуктивных компонентах. Поскольку эти паразитные составляющие делают поведение катушки индуктивности неидеальным, мы не можем игнорировать их при моделировании. Хотя мы не будем тратить много времени в этой статье на обсуждение магнитных свойств дросселей, вот список соответствующих параметров, которые помогут нам повысить точность нашей модели при моделировании катушек в LTspice.

- **R-series:** последовательное сопротивление из-за конечного удельного сопротивления меди (также известного как сопротивление постоянному току)
- **R-parallel:** Параллельное сопротивление, вызванное потерями в сердечнике
- **C-parallel:** Емкость последовательных обмоток
- **Температурный коэффициент (Temperature coefficient):** учет того факта, что катушки индуктивности могут изменять свои магнитные свойства из-за самонагрева (из-за тока, который циркулирует через них, и паразитного сопротивления)

Добавление этих значений в процесс моделирования поможет вам получить более реалистичные результаты, которые будут более точно соответствовать реальному поведению конкретной катушки индуктивности.

Итак, приступим к реализации линейной модели. Первая модель включает в себя все параметры, перечисленные выше, и выполняет моделирование, как это происходит в линейной схеме. К счастью, нам не обязательно добавлять каждый паразитный компонент вручную. Чтобы ускорить моделирование, LTspice включает внутренние модели. Если вы щелкнете правой кнопкой мыши по дросселю, вы увидите следующее окно (Рис. 3).

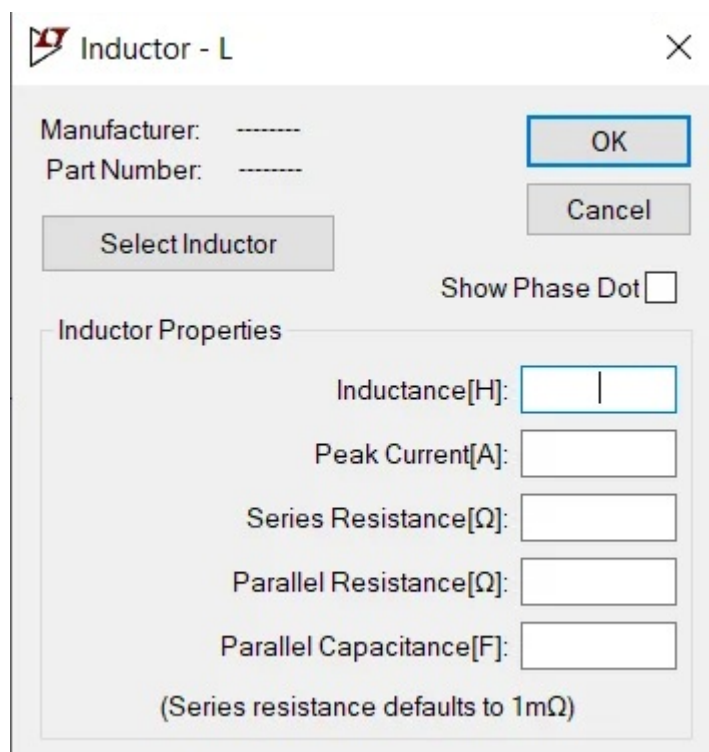


Рис. 3 – Окно LTspice раздела «Дроссели» (Inductor)

Здесь есть некоторая хитрость в LTspice. Если вы не вводите какое-либо значение для параллельного сопротивления, LTspice будет включать значение по умолчанию. Если вы хотите отключить этот параметр, перейдите в меню «Инструменты» (Tools) и выберите «Панель управления» (Control Panel). Здесь выберите вкладку Hacks!, как показано далее (Рис. 4).

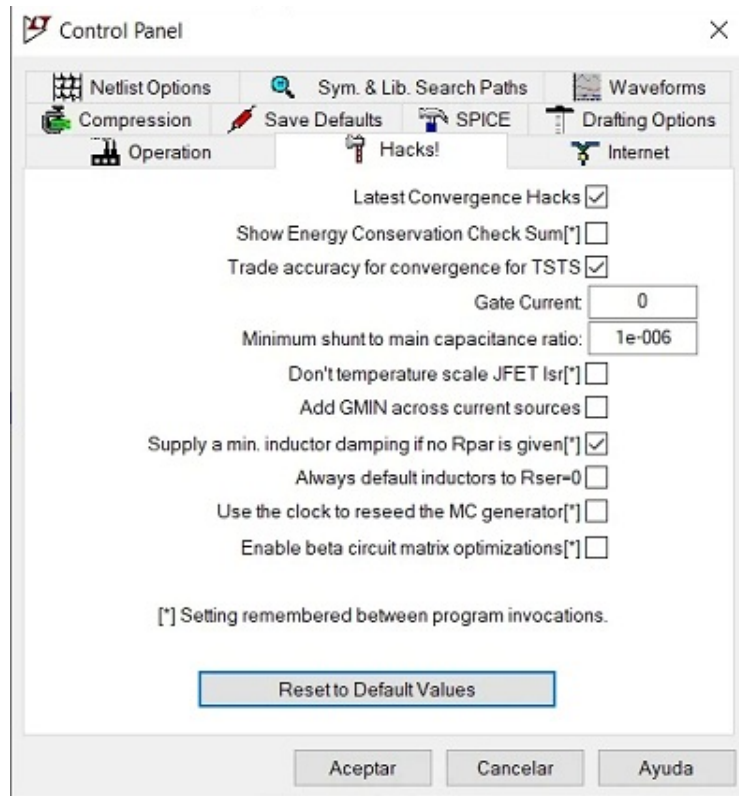


Рис. 4 – Окно LTspice раздела «Панель управления» (Control Panel)

Вы можете снять отметку с поля с надписью Supply a min. inductor damping if no Rpar is given (Обеспечьте минимальное демпфирование дросселя, если не задано Rpar)

Теперь перейдем к нелинейной модели. Когда линейных моделей недостаточно, LTspice предоставляет средства для учета насыщения катушки индуктивности. Мы можем определить функцию, которая определяет поток дросселя. Чтобы определить такой поток, нам нужно изменить список соединений. Это можно сделать, нажав клавишу CTRL, а затем щелкнув на индуктивность правой кнопкой мыши. Откроется следующее окно (Рис. 5).

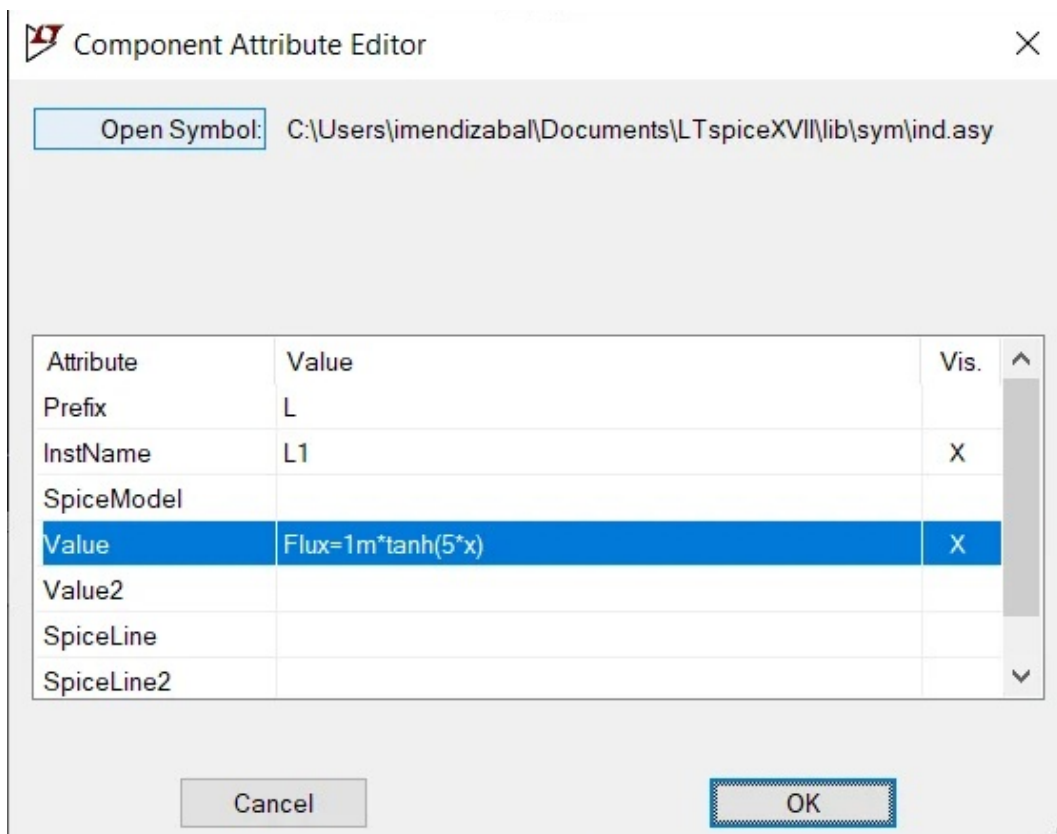


Рис. 5 – Окно LTspice раздела «Правка свойств компонента» (Component Attribute Editor).

Переменная «x» относится к току дросселя. Мы можем ввести нашу собственную информацию в поле Value (Значение) и затем нажать кнопку ОК. Теперь, чтобы проверить наш ввод, мы выбираем View в меню, а затем выбираем SPICE Netlist. Это подводит нас к редактору схем (Рис. 6).

```
L1 N001 0 Flux=1m*tanh(5*x)
I1 0 N001 PWL(0 0 1 1)
.tran 1
.backanno
.end
```

Рис. 6 – Окно LTspice. Редактор схем.

В нашем примере здесь наша смоделированная схема состоит из катушки индуктивности, включенной последовательно с источником тока (Рис. 7).

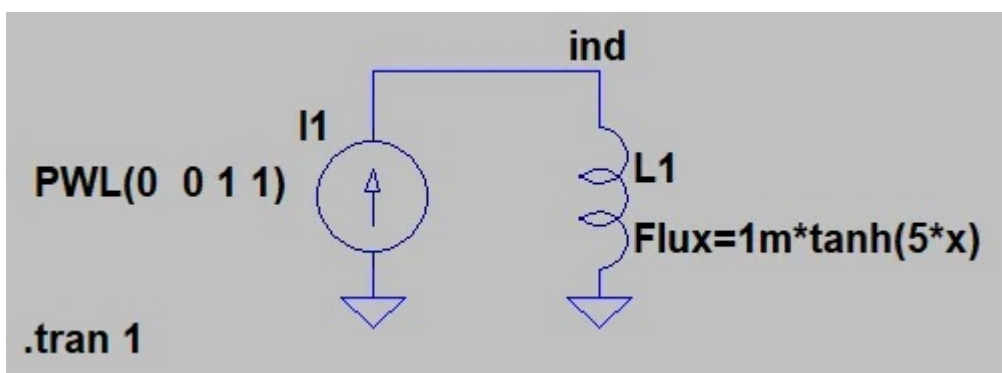


Рис. 7 – Смоделированная схема с катушкой индуктивности

Напряжение на катушке индуктивности можно выразить как $U = -L(di/dt)$. Так как то, что мы представляем, — это изменения тока, индуктивность может быть получена непосредственно путем измерения напряжения дросселя (узел ind). Для наглядности нанесем выражение: $V(ind) / 1V$, чтобы убрать единицы напряжения. Не забудьте установить линейный масштаб по вертикали (Рис. 8).

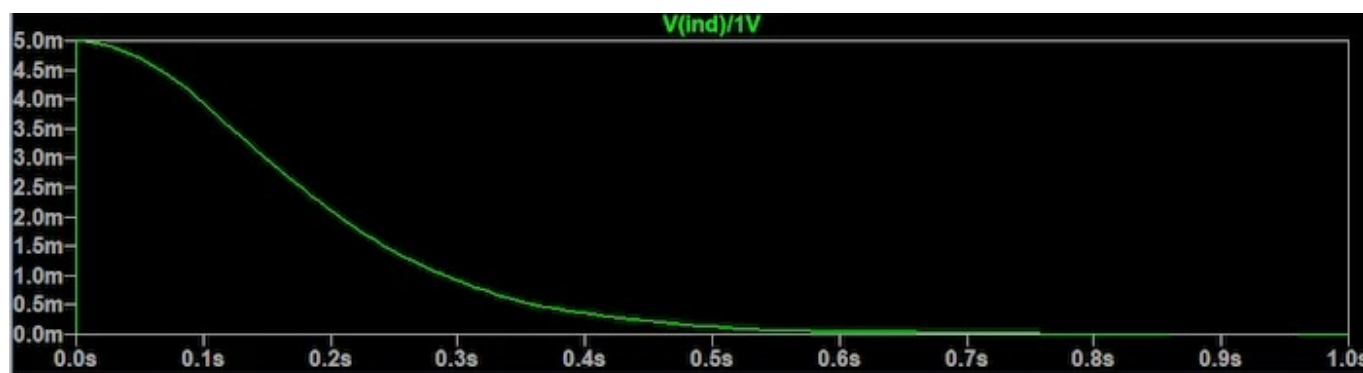


Рис. 8 – График зависимости напряжения V

Мы можем понять, почему индуктивность уменьшается таким образом, если вспомнить, что магнитный поток дросселя равен индуктивности, умноженной на ток. Ток увеличивается с постоянной скоростью в течение 1-секундной симуляции, но из-за насыщения магнитный поток не увеличивается постоянно. Уменьшение индуктивности отражает это изменение соотношения между током и магнитным потоком. Для дальнейшего анализа мы можем построить график зависимости индуктивности от тока. Увеличиваем ток от -3 ампер до 3 ампер с шагом 0,01 (Рис. 9).

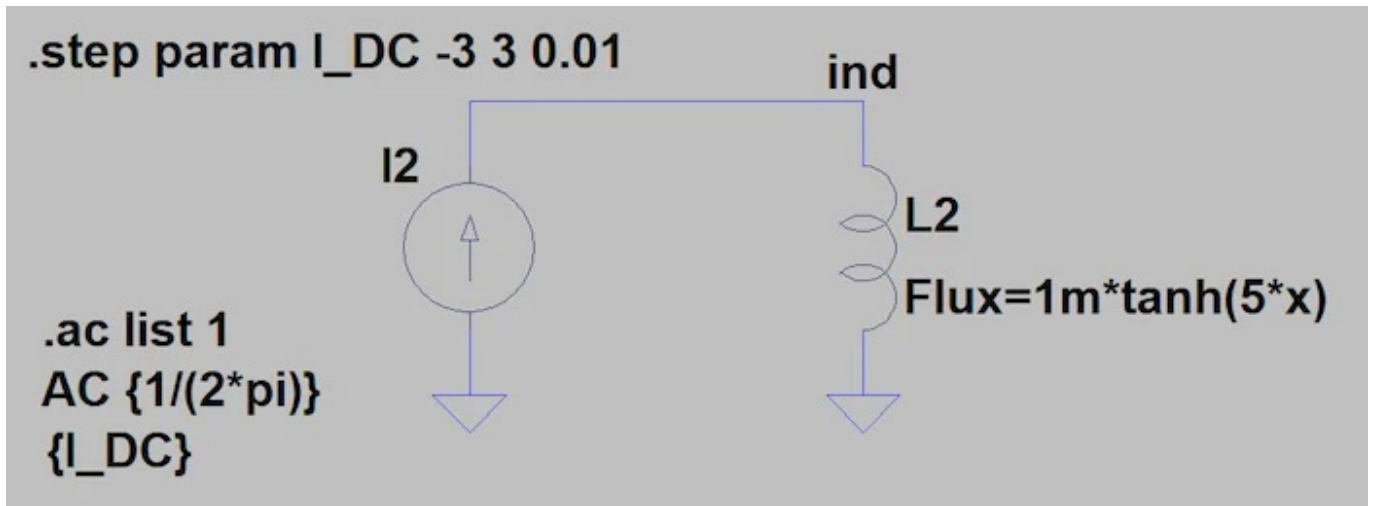


Рис. 9 – Смоделированная схема с катушкой индуктивности

Эта схема дает следующий график (Рис. 10).

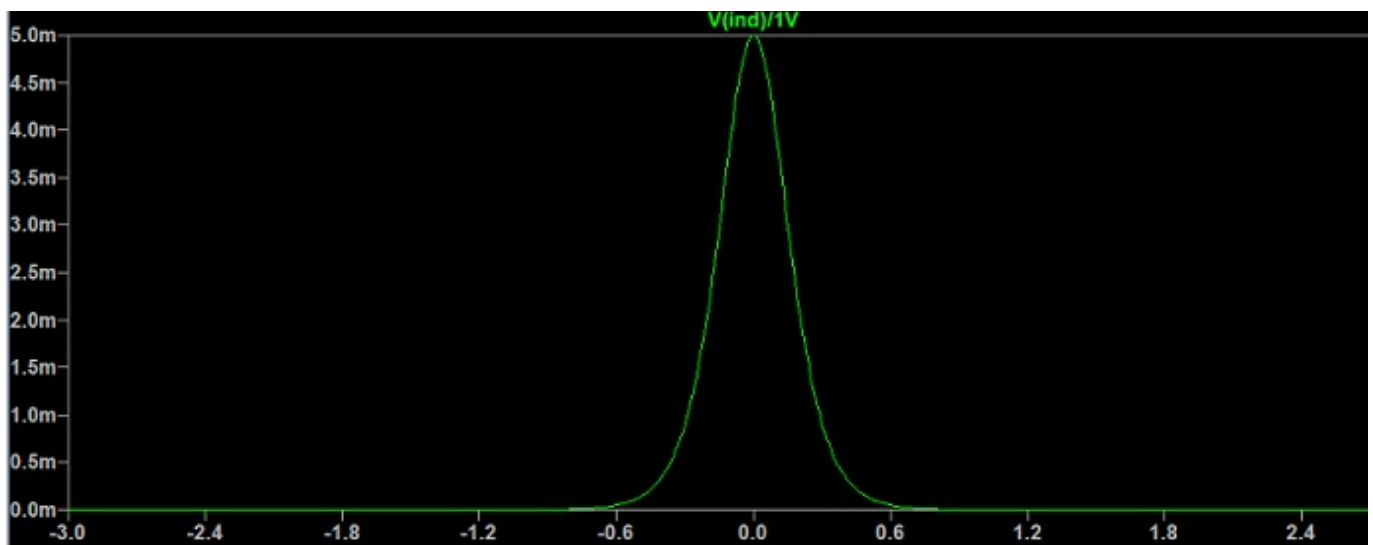


Рис. 10 – График зависимости напряжения V

Теперь перейдем к CHAN-модели. При разработке наших электромагнитных устройств нам необходимо контролировать все параметры дросселей, которые мы обсуждали ранее. Иногда бывает сложно смоделировать их все в LTspice или другом инструменте моделирования. В LTspice доступна третья модель - модель CHAN, созданная Джоном Чаном и обсуждаемая в исследовательской статье под названием «Нелинейная модель трансформатора для моделирования схем» (Nonlinear transformer model for circuit simulation). Точность этой модели была широко доказана, и она позволяет моделировать петлю гистерезиса только с тремя параметрами:

- Коэрцитивная сила (H_c), ампер-виток/метр
- Остаточная плотность потока (B_r), в Тесла
- Плотность потока насыщения (B_s), в Тесла

Также необходимо добавить механические аспекты дросселя:

- Магнитная длина (l_m), в метрах
- Длина зазора (l_g), в метрах
- Площадь поперечного сечения (A), в квадратных метрах
- Количество витков (N)

Давайте посмотрим, что произойдет с той же схемой, которую мы использовали раньше, если мы включим все эти параметры (Рис. 11).

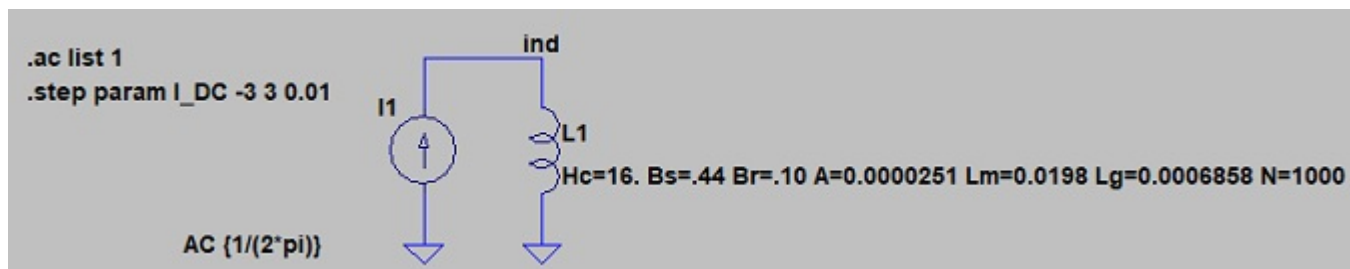


Рис. 11 – Смоделированная схема с катушкой индуктивности

А теперь построим график зависимости индуктивности от тока.

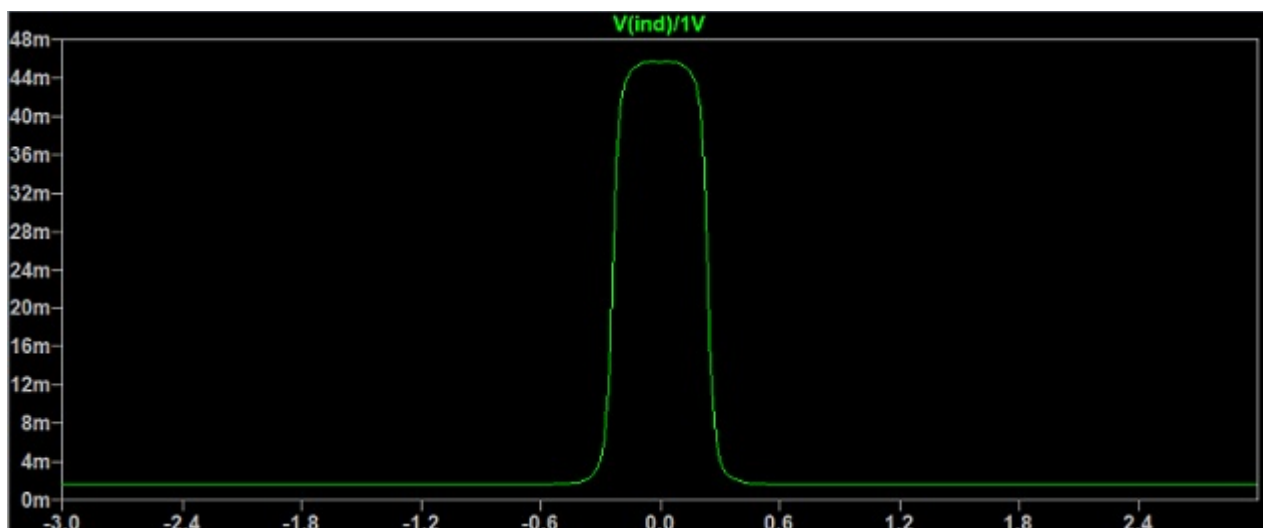


Рис. 12 – График зависимости напряжения V

Дроссели – это сложные и важные компоненты электроники. LTspice позволяет разработчикам упростить цикл проектирования, предоставляя быстрые и точные методы их моделирования. В зависимости от сложности вашей схемы вы можете использовать одну из трех представленных здесь моделей. Схемы в этой статье довольно простые, но они являются хорошей отправной точкой для дальнейшего анализа. Существует компромисс между скоростью и точностью, но LTspice обычно довольно быстр, поэтому всегда рекомендуется использовать наиболее точную модель, когда это возможно.

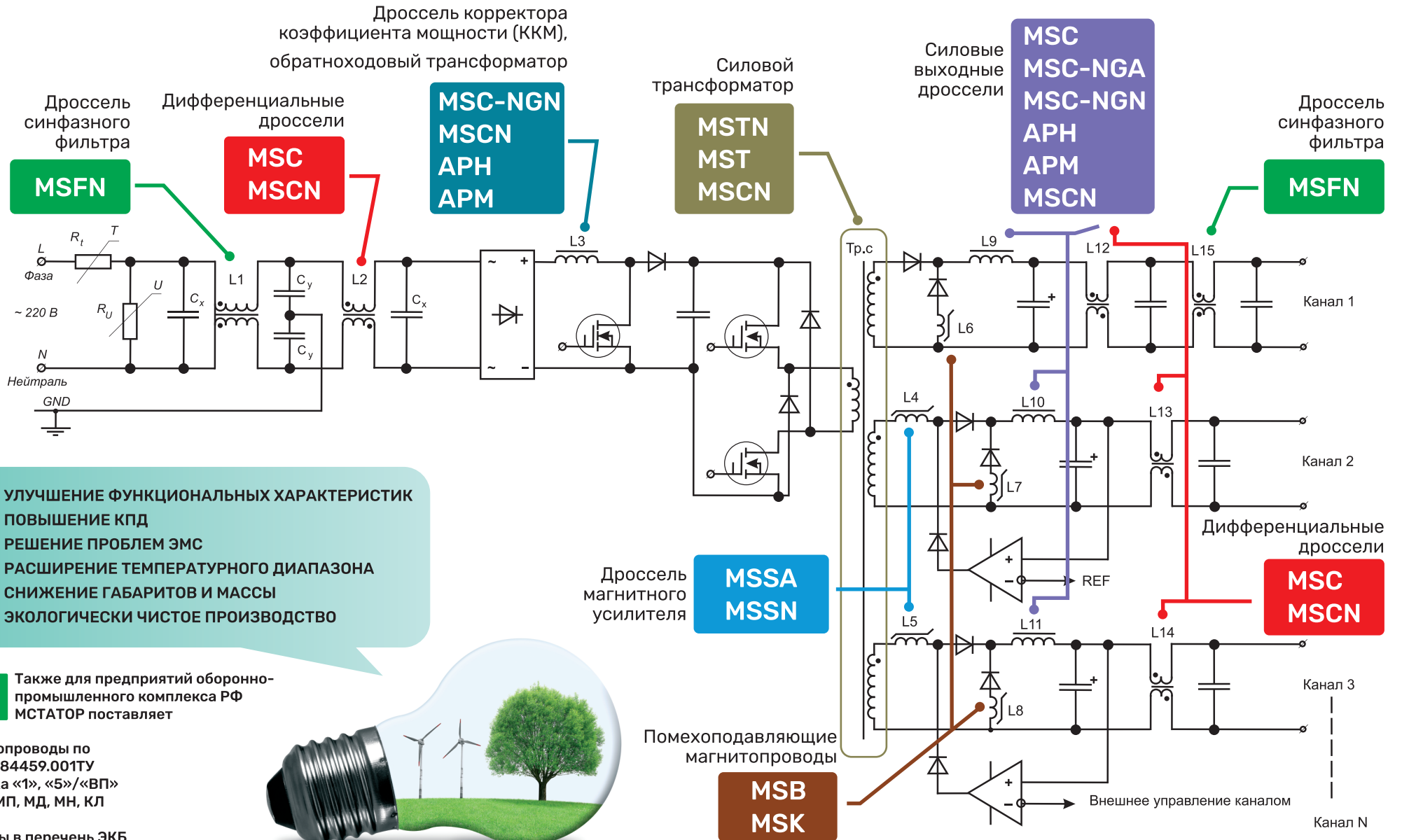
© digitrode.ru

Теги: LTspice

МАГНИТОПРОВОДЫ

ИЗ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Упрощенная структурная схема многоканального импульсного источника питания AC/DC



- ✓ УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
- ✓ ПОВЫШЕНИЕ КПД
- ✓ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭМС
- ✓ РАСШИРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА
- ✓ СНИЖЕНИЕ ГАБАРИТОВ И МАССЫ
- ✓ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ВП Также для предприятий оборонно-промышленного комплекса РФ МСТАТОР поставляет

магнитопроводы по КВШУ.684459.001ТУ
Приёмка «1», «5»/«ВП»
Серии МП, МД, МН, КЛ

Внесены в перечень ЭКБ
Часть 21



СИНФАЗНЫЕ ДРОССЕЛИ (нанокристаллические)



Синфазные дроссели серий ДС2 и ДС3 для подавления радиопомех производства ПАО «МСТАТОР» на основе тонкой (18 мкм) нанокристаллической ленты АМАГ 200С обеспечивают высокий уровень подавления помех и характеризуются малыми габаритными размерами и весом (существенное сокращение объема сборки до 60% по сравнению с дросселями на ферритовом сердечнике).

Высокая проницаемость магнитного материала позволяет резко сократить длину провода, собственные характеристики которого на высоких частотах имеют определяющее значение.

Это позволяет в 3-5 раз повысить резонансную частоту дросселя относительно ферритового и снизить активные потери в проводе.

Принципиальное отличие работы нанокристаллического сердечника от ферритового заключается в отсутствии характерного для ферритов резонанса на частотах 0.5÷2 МГц, и работе на поглощение ВЧ помехи в отличие от характерного для ферритов отражения помехи, которое связано со сменой индуктивного характера ферритового дросселя на емкостной и может создавать проблемы в работе ИИП.

Изготавливаются в соответствии с
КВШУ.671344.022 ТУ

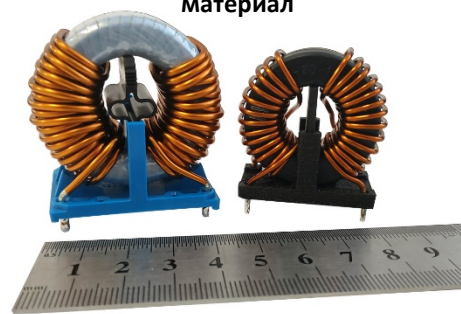


ОТСКАНИРУЙ ТЕЛЕФОНОМ

Преимущества относительно феррита

- Рост импеданса и затухания в 2 - 6 раз,
- Высокая резонансная частота и широкая полоса частот (до 5 раз),
- Отсутствие множества резонансов на частотной характеристике импеданса,
- Снижение индуктивности рассеяния в 2.3 - 3 раза,
- Высокая индукция насыщения (1.17 Тл),
- Отличная температурная стабильность (в диапазоне от -60°C до +155°C изменение проницаемости менее 15%),
- Низкие активные потери в проводе,
- Широкий диапазон рабочих температур: от -60°C до +100°C,
- Снижение объема и веса в 2 - 3 раза,
- Отечественный продукт – Импортозамещение продукции мировых лидеров:

ФЕРРИТ **VS** НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ материал



• **Vacuumschmelze**, • **Magnetec**, • **Würth Elektronik**

Серия ДС2 – Двухобмоточные синфазные дроссели

Типономинал	Номинальный ток I _{ном} , А		Номинальное эффективное напряжение U _{ном.эфф.} , В	Ток насыщения I _{нас.} , МА		Индуктивность L _{ном.} , мГн		Импеданс Z , КОм		Частота резонанса, МГц	Сопротивление обмотки постоянному току R, МОм (±10%)	Диаметр выводов, мм	Размеры Ш×Д×В, мм
	Охлаждение			на частоте, кГц									
	естеств.	принудит.		10	100	10	100	10	100				
0. Магнитопровод MSFN-12A-TH (12-8-3) - низкопрофильные													
ДС2-1-15Г0Б	1	1,4	250	9,5	30,4	15,3	4,4	0,91	4	2,65	180	0,28	15,3×15,3×6,9
ДС2-1-5-10Г0Б	1,5	2,1	250	11,8	37,7	10	2,9	0,51	2,6	2,2	94	0,355	15,6×15,6×7,4
ДС2-2-5Г0Б	2	2,8	250	16,3	52,4	5	1,5	0,33	1,37	5,5	53	0,40	15,8×15,8×6,8
ДС2-3-2,3Г0Б	3	4,2	250	24,5	78,6	2,3	0,66	0,14	0,61	10	23,1	0,50	16,0×16,0×7,1
ДС2-5-1Г0Б	5	7	250	36,8	118	1	0,29	0,066	0,27	18	8,5	0,69	16,7×16,7×7,8
ДС2-7-0,6Г0Б	7	9,8	250	49,0	157	0,57	0,17	0,037	0,15	26,9	4,3	0,85	17,2×17,2×8,2
1. Магнитопровод MSFN-16A-TH (16-10-6)													
ДС2-2-30Г1	2	2,8	250	14,1	45,1	30	8,6	1,99	8,7	0,55	92	0,45	20×23×15
ДС2-2-5-20Г1	2,5	3,5	250	17,3	55,4	20	5,3	1,32	5,7	0,65	49,7	0,56	20×23×15
ДС2-2-5-20В1	2,5	3,5	250	17,3	55,4	20	5,3	1,32	5,7	0,65	49,7	0,56	20×15×22
ДС2-2-5-10Г1	2,5	3,5	250	23,9	76,5	10,8	2,7	0,701	2,6	2,8	53,7	0,45	20×23×15
ДС2-2-5-10В1	2,5	3,5	250	23,9	76,5	10,8	2,7	0,701	2,6	2,8	53,7	0,45	20×15×22
ДС2-3-12Г1	3	4,2	250	22,5	72	12,2	3,1	0,79	2,8	2,3	37,7	0,56	20×23×15
ДС2-3-12В1	3	4,2	250	22,5	72	12,2	3,1	0,79	2,8	2,3	37,7	0,56	20×15×22
ДС2-3-5-7Г1	3,5	4,9	250	29,4	94	7	1,8	0,46	1,7	3,6	28,7	0,56	20×23×15
ДС2-3-5-7В1	3,5	4,9	250	29,4	94	7	1,8	0,46	1,7	3,6	28,7	0,56	20×15×22
ДС2-4-5Г1	4	5,6	250	34,8	111	5	1,3	0,33	1,5	4,4	17,4	0,63	20×23×15
ДС2-4-5В1	4	5,6	250	34,8	111	5	1,3	0,33	1,5	4,4	17,4	0,63	20×15×22
ДС2-5-2,6В1	5	7	250	47,9	156,2	2,6	0,7	0,16	0,75	8	10	0,71	20×15×22
2. Магнитопровод MSFN-20A-TH (20-12,5-8)													
ДС2-5-20Г2	5	7	250	25,1	80	20,9	5,1	1,36	6,5	0,53	22,2	0,85	26×28×17
ДС2-4-13Г2	4	5,6	250	31,8	102	13	3,2	0,85	3,3	2	30,5	0,63	26×28×17
ДС2-4-13В2	4	5,6	250	31,8	102	13	3,2	0,85	3,3	2	30,5	0,63	26×17×26
ДС2-6-7Г2	6	8,4	250	43,4	139	7	1,7	0,46	2	2,9	12,6	0,85	26×28×17
ДС2-6-7В2	6	8,4	250	43,4	139	7	1,7	0,46	2	2,9	12,6	0,85	26×17×26
ДС2-9-4,7Г2	9	12,6	250	53,1	170	4,7	1,14	0,305	1,12	5,1	6,8	1,06	26×28×17
ДС2-9-4,7В2	9	12,6	250	53,1	170	4,7	1,14	0,305	1,12	5,1	6,8	1,06	26×17×26
3. Магнитопровод MSFN-25S-TH (25-16-10)													
ДС2-4-5-65Г3	4,5	6,3	250	19,4	62	65	16,2	4,3	23,3	0,15	43,5	0,85	32×35×23
ДС2-7-30Г3	7	9,8	250	28,7	92	30	7,5	1,99	8,9	0,4	19,3	1,06	32×35×23
ДС2-10-11В3	10	14	250	46,4	148	11,7	2,8	0,76	3,5	1,1	8,7	1,25	33×20×31
ДС2-10-11Г3	10	14	250	46,4	148	11,7	2,8	0,76	3,5	1,1	8,7	1,25	32×35×23
ДС2-12-6,9В3	12	16,8	250	60,3	192	6,9	1,7	0,45	2	2,5	6	1,32	32×20×31
ДС2-12-6,9Г3	12	16,8	250	60,3	192	6,9	1,7	0,45	2	2,5	6	1,32	32×35×23
ДС2-15-4,4В3	15	21	250	75,3	240	4,4	1,1	0,29	1,2	3,4	3,7	1,5	33×20×31
ДС2-15-4,4Г3	15	21	250	75,3	240	4,4	1,1	0,29	1,2	3,4	3,7	1,5	33×35×23
ДС2-20-2,5Г3	20	28	250	100	320	2,5	0,6	0,16	0,66	5,9	2,2	1,7	33×35×23
ДС2-20-2,5В3	20	28	250	100	320	2,5	0,6	0,16	0,66	5,9	2,2	1,7	33×20×31
ДС2-27-1,1В3	27	37,8	250	151	483	1,1	0,27	0,072	0,33	10,5	1,2	1,9	34×20×31
4. Магнитопровод MSFN-32S-TH (32-20-10)													
ДС2-6-30В4	6	8,4	250	34,8	111	30,6	8,6	1,99	10,1	0,85	32	0,85	38×20×38
ДС2-6-30Г4	6	8,4	250	34,8	111	30,6	8,6	1,99	10,1	0,85	32	0,85	39×43×23
ДС2-7-20Г4	7	9,8	250	42,5	136	20,5	5,7	1,33	6,6	1	19,2	1	39×43×23
ДС2-7-20В4	7	9,8	250	42,5	136	20,5	5,7	1,33	6,6	1	19,2	1	38×20×38
ДС2-9-14В4	9	12,6	250	51	163	14,2	4	0,92	4,5	1,3	11,7	1,18	38×20×38
ДС2-9-14Г4	9	12,6	250	51	163	14,2	4	0,92	4,5	1,3	11,7	1,18	39×43×23
ДС2-11-12В4	11	15,4	250	54,6	175	12,4	3,4	0,804	3,8	1,4	8,8	1,32	39×20×38
ДС2-11-12Г4	11	15,4	250	54,6	175	12,4	3,4	0,804	3,8	1,4	8,8	1,32	39×43×23
ДС2-14-9В4	14	19,6	250	69,5	222	9,1	2,5	0,497	2,9	1,6	6	1,5	39×20×39
ДС2-14-9Г4	14	19,6	250	69,5	222	9,1	2,5	0,497	2,9	1,6	6	1,5	39×43×23
ДС2-20-6В4	20	28	250	76,4	244	6,3	1,8	0,410	2	2,4	3,2	1,9	40×20×38
ДС2-20-6Г4	20	28	250	76,4	244	6,3	1,8	0,410	2	2,4	3,2	1,9	40×43×23
ДС2-23-3В4	23	32	250	109	348	3	0,86	0,201	1	4	2,2	1,9	40×20×38
ДС2-23-3Г4	23	32	250	109	348	3	0,86	0,201	1	2,4	2,2	1,9	40×43×23
5. Магнитопровод MSFN-37S-TH (37-23-10)													
ДС2-8-30В5	8	11,2	250	40,1	128	30	8,6	1,98	9	0,9	21,8	1,06	44×26,7×44
ДС2-8-30Г5	8	11,2	250	40,1	128	30	8,6	1,98	9	0,9	21,8	1,06	45×49×23
ДС2-11-18В5	11	15,4	250	51,9	166	18	5,1	1,18	5,2	1,1	11,1	1,32	44×26,7×44
ДС2-11-18Г5	11	15,4	250	51,9	166	18	5,1	1,18	5,2	1,1	11,1	1,32	45×49×23
ДС2-17-10В5	17	24	250	67,8	217	10	3	0,69	3	1,5	5,3	1,7	45×26,7×44
ДС2-17-10Г5	17	24	250	67,8	217	10	3	0,69	3	1,5	5,3	1,7	45×49×23
ДС2-21-7,5В5	21	29	250	80,2	256	7,5	2,2	0,494	2,2	1,8	3,6	1,9	46×26,7×44
ДС2-21-7,5Г5	21	29	250	80,2	256	7,5	2,2	0,494	2,2	1,8	3,6	1,9	46×49×23
6. Магнитопровод MSFN-46S-TH (46-27-10)													
ДС2-14-35Г6	14	19	250	63,1	202	35	11,5	2,27	12,2	0,8	15,4	1,5	55×59×35
ДС2-14-35В6	14	19	250	63,1	202	35	11,5	2,27	12,2	0,8	15,4	1,5	56×43×56
ДС2-20-20В6	20	28	250	82,5	264	20,5	6,7	1,33	7	1	7,5	1,9	56×43×56
ДС2-20-20Г6	20	28	250	82,5	264	20,5	6,7	1,33	7	1	7,5	1,9	55×59×35
ДС2-35-6В6	35	49	250	153	490	6	2	0,385	1,8	1,6	2,5	2 × 1,7	56×43×56
ДС2-35-6Г6	35	49	250	153	490	6	2	0,385	1,8	1,6	2,5	2 × 1,7	55×59×35

Изготавливаются в соответствии с КВШУ.671344.022 ТУ

ДСЗ – Трехобмоточные синфазные дроссели

Типономинал	Номинальный ток $I_{ном}, А$		Номинальное эффективное напряжение $U_{ном.эфф.}, В$	Ток насыщения $I_{нас}, МА$		Индуктивность $L_{ном.}, мГн$		Импеданс $ Z , КОм$		Частота резонанса, МГц	Сопротивление обмотки постоянному току $R, мОм (\pm 10\%)$	Диаметр выводов, мм	Размеры Ш×Д×В, мм
	Охлаждение			на частоте, кГц		на частоте, кГц		на частоте, кГц					
	естеств.	принудит.		10 *	100	10	100	10	100				
2. Магнитопровод MSFN-20A-TH (20-12.5-8)													
ДСЗ-4-3.5В2	4	5,6	400	59,7	191	3,7	0,9	0,24	1	5	16,2	0,63	25×19×26
3. Магнитопровод MSFN-25S-TH (25-20-10)													
ДСЗ-4-11Г3	4	5,6	400	46,4	148	11,7	2,8	0,76	3,3	1,65	31,7	0,63	35×35×23
ДСЗ-6-6.9Г3	6	8,4	400	60,3	193	6,9	1,7	0,451	1,9	2,55	13,7	0,85	35×35×23
ДСЗ-9-4.5Г3	9	12,6	400	75,4	241	4,5	1,1	0,288	1,3	3,3	7,2	1,06	35×35×23
ДСЗ-13-2.5Г3	13	18,2	400	100	320	2,5	0,6	0,162	0,7	5,2	3,6	1,32	35×35×23
4. Магнитопровод MSFN-37S-TH (37-23-10)													
ДСЗ-8-9В4	8	11,2	400	63,7	204	9	2,5	0,591	2,9	1,5	12,9	1,06	38×27×40
ДСЗ-8-9Г4	8	11,2	400	63,7	204	9	2,5	0,591	2,9	1,5	12,9	1,06	43×43×23
ДСЗ-11-6В4	11	15,4	400	76,4	244	6	1,8	0,410	2	2,1	6,4	1,32	39×27×40
ДСЗ-11-6Г4	11	15,4	400	76,4	244	6,3	1,8	0,410	2	2,1	6,4	1,32	43×43×23
ДСЗ-14-4В4	14	19,6	400	95,6	306	4	1,1	0,263	1,2	2,9	4	1,5	39×27×40
ДСЗ-14-4Г4	14	19,6	400	95,6	306	4	1,1	0,263	1,2	2,9	4	1,5	43×43×23
ДСЗ-23-1.5В4	23	32,2	400	153	490	1,5	0,45	0,103	0,49	5,9	1,6	1,9	41×27×40
ДСЗ-23-1.5Г4	23	32,2	400	153	490	1,5	0,45	0,103	0,49	5,9	1,6	1,9	43×43×23
5. Магнитопровод MSFN-37S-TH (37-23-10)													
ДСЗ-8-20Г5	8	11,2	400	49	157	20,4	5,8	1,320	6,6	0,5	14,8	1,18	49×49×23
ДСЗ-8-12В5	8	11,2	400	63	201	12	3,5	0,801	3,4	1,4	15,5	1	45×26,7×44
ДСЗ-8-12Г5	8	11,2	400	63	201	12	3,5	0,801	3,4	1,4	15,5	1	49×49×23
ДСЗ-10-9В5	10	14	400	73,5	235	9	2,6	0,588	2,5	5,2	9,7	1,18	45×26,7×44
ДСЗ-10-9Г5	10	14	400	73,5	235	9	2,6	0,588	2,5	5,2	9,7	1,18	49×49×23
ДСЗ-14-7.5В5	14	19,6	400	80,2	257	7,6	2,1	0,494	2,3	1,9	5,7	1,5	45×26,7×44
ДСЗ-14-7.5Г5	14	19,6	400	80,2	257	7,6	2,1	0,494	2,3	1,9	5,7	1,5	49×49×23
ДСЗ-18-4В5	18	25	400	110	352	4	1,2	0,261	1,2	3,2	3,3	1,7	46×26,7×44
ДСЗ-18-4Г5	18	25	400	110	352	4	1,2	0,261	1,2	3,2	3,3	1,7	49×49×23
6. Магнитопровод MSFN-46S-TH (46-27-10)													
ДСЗ-17-12Г6	17	24	400	107	342	12	4	0,786	4,2	1	7,2	1,7	59×59×35
ДСЗ-21-7.5В6	21	29	400	134	429	7,5	2,6	0,503	2,2	1,4	4,6	1,9	56×43×58
ДСЗ-21-7.5Г6	21	29	400	134	429	7,5	2,6	0,503	2,2	1,4	4,6	1,9	59×59×35
ДСЗ-34-3Г6	34	47	400	215	688	3	1	0,196	1	2,75	1,8	2 × 1,7	59×59×35
ДСЗ-40-2Г6	40	56	400	268	858	2	0,63	0,126	0,6	3,8	1,4	2,5	59×59×36
7. Магнитопровод MSFN-60A-TH (60-40-30)													
ДСЗ-19-26В7	19	26	400	105	336	26	9	1,7	8,7	0,6	9,1	1,9	71×52×75
ДСЗ-19-26Г7	19	26	400	105	336	26	9	1,7	8,7	0,6	9,1	1,9	73×73×46
ДСЗ-21-19В7	21	29	400	123	394	19	6,6	1,25	6,3	0,7	7,1	2	71×52×75
ДСЗ-21-19Г7	21	29	400	123	394	19	6,6	1,25	6,3	0,7	7,1	2	73×73×46

* - ток насыщения на частоте 10 кГц, рассчитанный из уровня индукции 1.0 Тл и типичной проницаемости 85000.

Изготавливаются в соответствии с КВШУ.671344.022 ТУ



Для ускорения обработки Вашей заявки
пишите на эл. почту:

expo@mstator.ru

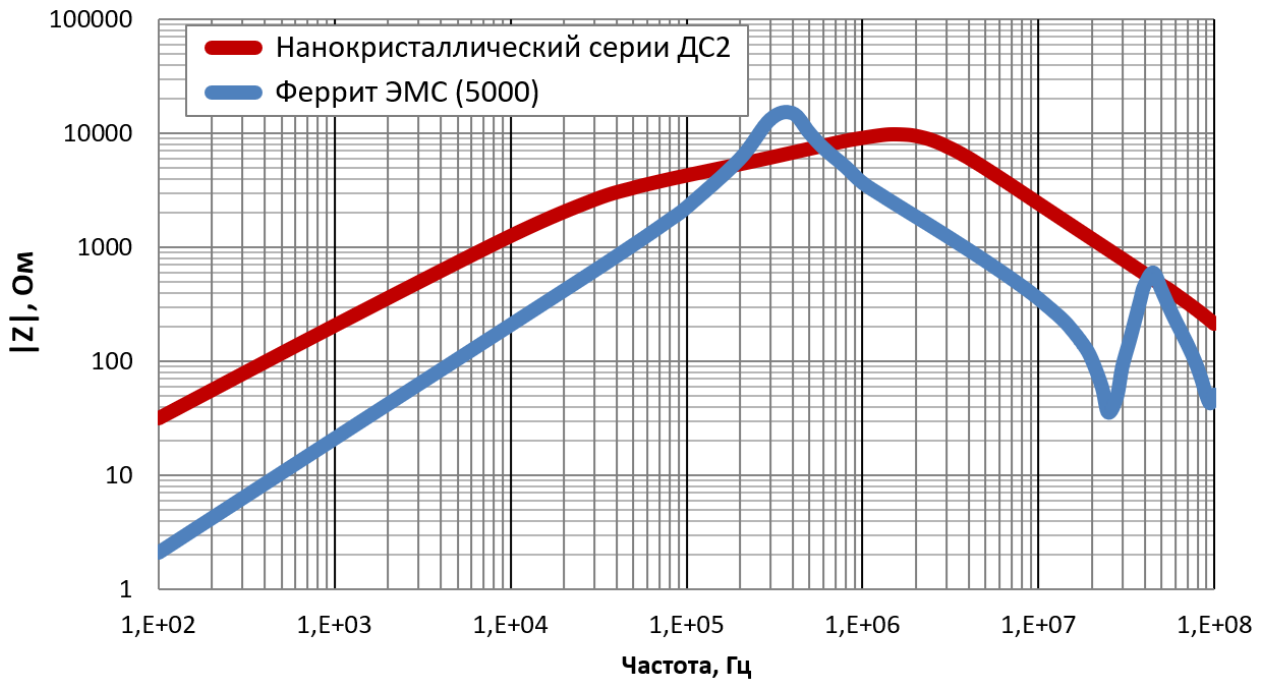
На официальном сайте ПАО «МСТАТОР» (www.mstator.ru) в разделе «Публикации» смотрите подробную копию научной статьи:

В.Ф. Дмитриков, Д.В. Шушпанов, Э.А. Фоченков
«Эквивалентная схема замещения дросселя на нанокристаллическом сердечнике с большой магнитной проницаемостью».



ОТСКАНИРУЙ
ТЕЛЕФОНОМ

СРАВНЕНИЕ ИМПЕДАНСА



СРАВНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

