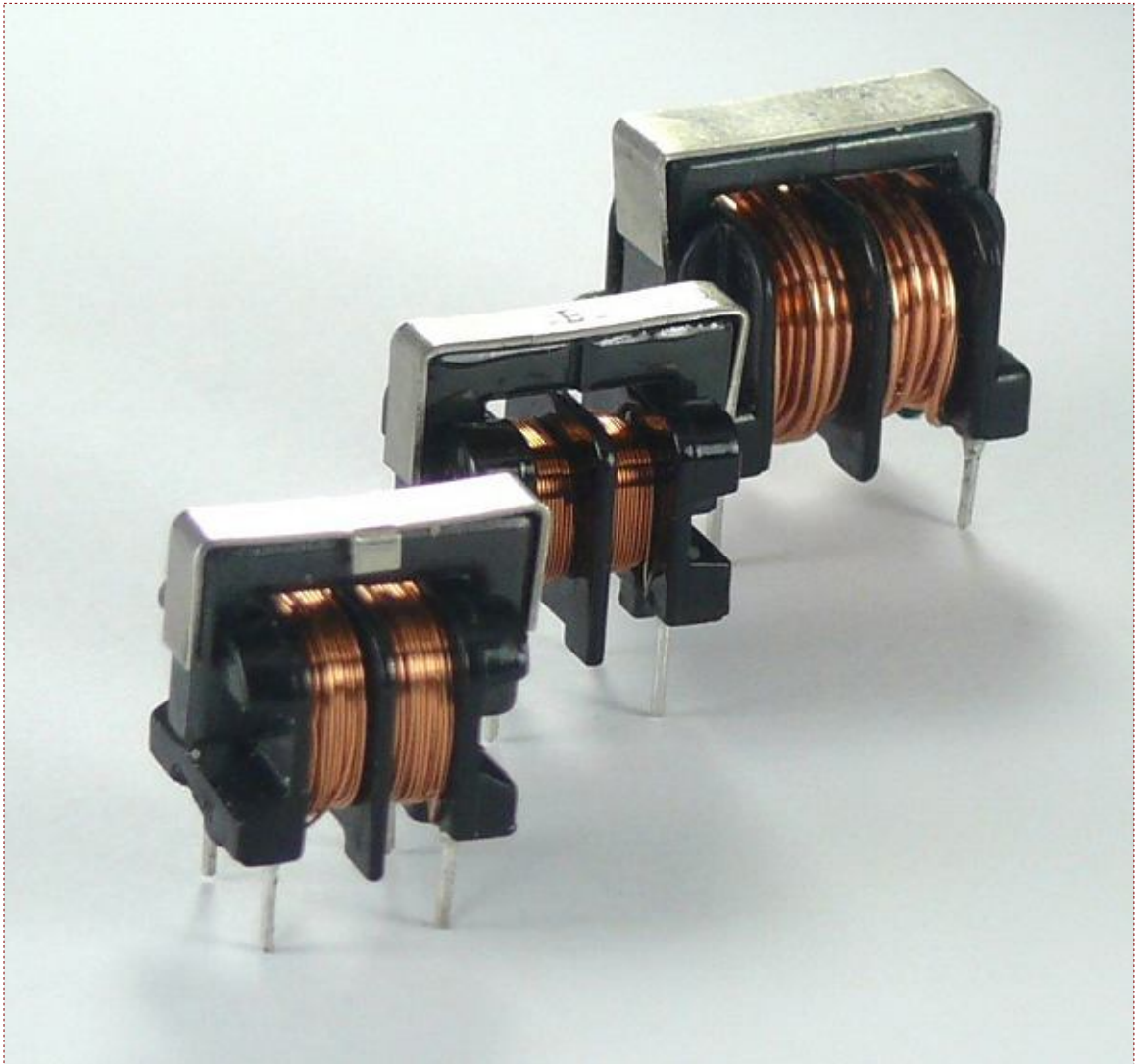


Элементы для подавления электромагнитных помех



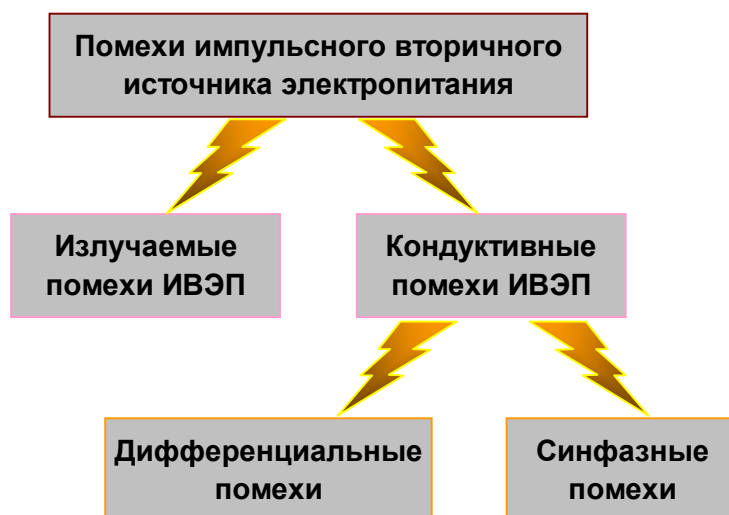
**Методы подавления электромагнитных помех
Элементы для подавления кондуктивных ЭМП**

Электромагнитные помехи

В настоящее время вопрос электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры становится всё более актуальным. Требования к качеству электроэнергии в нашем веке гораздо выше, чем в прошлом. Под качеством электрической энергии понимают совокупность характеристик уровня помех, которые вызывают отклонение напряжения, частоты и формы синусоидальной кривой напряжения от установленных значений.

Низкочастотные помехи в электросетях чаще всего создаются работой электромеханического оборудования, например, электродвигателей. Импульсные источники вторичного электропитания (ИВЭП) создают высокочастотные электромагнитные помехи (ЭМП).

Высокочастотные помехи обладают большой проникающей способностью. Наиболее чувствительна к электромагнитному шуму воспроизводящая аппаратура, в том числе компьютеры. Разработчику электронной аппаратуры приходится учитывать возможность существования помех как в питающей сети, так и в окружающем пространстве, что вызывает необходимость защищать свои электронные схемы от их воздействия. Кроме того, разрабатываемая аппаратура сама не должна генерировать ЭМП.



Электромагнитные помехи распространяются как по проводам (кондуктивные помехи), так и через окружающее пространство (пространственные, излучаемые помехи).

Кондуктивные помехи можно разделить на две составляющие: синфазные (common-mode) и дифференциальные (differential-mode). Синфазные помехи проходят по линиям электропитания и не связаны с заземлением. Они измеряются между двумя проводами линии. Дифференциальные помехи измеряются между одним из проводов и землёй.

Стандартизация ЭМП

Производители электронного оборудования информационных технологий (ИТ), предназначенного для продажи на рынке стран Европейского Союза, должны выполнять стандарт по электромагнитной совместимости EN55022. Стандарт введен с изменениями 01.10.2009г. Любые изделия информационных технологий, которые будут размещаться на рынке ЕС, должны быть проверены на соответствие стандарту EN55022.

При прохождении процедуры на соответствие с правом нанесения маркировки CE на ИТ изделий, необходимы исследования на помехоустойчивость и электромагнитную эмиссию, которые регулируют стандарты - нормы выбросов регулируется EN55022 и иммунитет регулируется стандартом EN55024.

На американском рынке в области оборудования информационных технологий применяется стандарт FCC (Федеральная Комиссия по Связи) раздел 15, подраздел J.

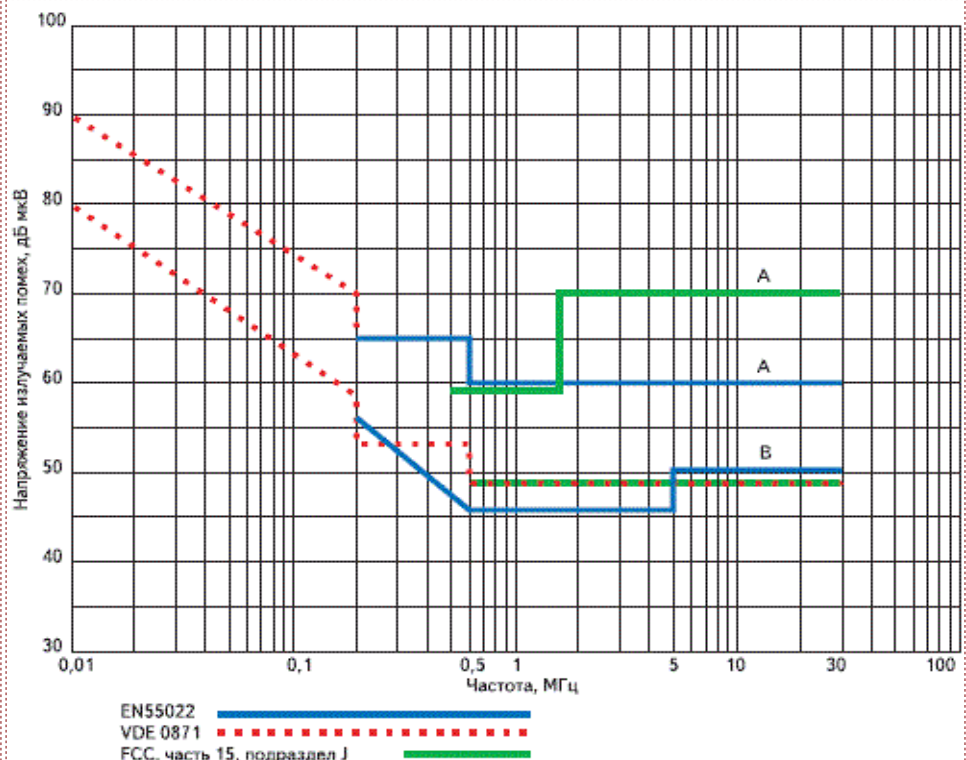
Требования немецкого стандарта VDE0871 по уровню кондуктивных помех в электросети для ИТ-оборудования долгое время были самыми жёсткими. Для выполнения требований Европейского Союза в Германии был принят национальный стандарт VDE0878, эквивалентный EN55022.

Международный стандарт EN 55022:2010 применим к информационно-технологическому оборудованию т.е. к любому оборудованию или устройствам, которые работают с номинальным напряжением питания, не превышающим 600 В и основной функцией которых является запись, хранение, отображение, поиск, передача, обработка, коммутация или управление данными, а также к оборудованию, которое может быть использовано в комбинации с одним или более портами-терминалами, основной функцией которых является передача информации. Стандарт EN 55022:2010 не распространяется на оборудование или устройства, основной функцией которых является передача или прием радиосигналов.

Стандартизация на излучаемые ЭМП распространяется на два вида радиоэлектронного оборудования:

- Промышленное оборудование - (Класс А / Class A) - может использоваться только в промышленных или других специальных зонах.
- Бытовое оборудование - (Класс Б / Class B) - может использоваться в жилых, офисных и других подобных помещениях.

На рисунке показаны допустимые уровни спектра кондуктивных помех в электросети для оборудования классов А и Б в диапазоне частот от 10 кГц до 30 МГц согласно стандартам EN55022, VDE0871, FCC. Стандарт VDE0871 ограничивает уровни распространяемых помех в диапазоне частот от 10кГц до 150кГц. Стандарт EN55022 не регламентирует уровень помех в частотном диапазоне до 150кГц. Для диапазона частот 150кГц - 30МГц для оборудования класса А нормативы EN55022 и VDE0871 совпадают. Стандарт FCC ограничивает уровни ЭМП на частотах 450кГц - 30МГц на более низком уровне.



Сравнение ограничений уровней излучаемых ЭМП для различных стандартов довольно затруднительно, поскольку нормы стандартов EN55022, VDE0871, FCC задаются для разных расстояний от точки измерения до источника излучения.

Обычно, для ИИВЭП малой и средней мощности (до 300 Вт или работающих с токами до 10 А) в составе аппаратуры, вопрос соблюдения норм излучения ЭМП решается с помощью экранирования. Блок питания заключают в металлический корпус внутри металлизированного или металлического корпуса питаемого аппарата.

Методы снижения электромагнитных помех

Основные методы снижения уровня электромагнитных помех:

- Применение экранов в качестве корпусов электронных приборов.
- Экранирование отдельных узлов аппаратуры.
- Правильное построение электронных схем для снижения паразитных параметров.
- Применение помехоподавляющих фильтров (ППФ).

Экранирование препятствует распространению излучаемых электромагнитных помех за пределы источника шума. Корпус аппарата должен служить электромагнитным экраном для шума, излучаемого отдельными узлами и препятствовать проникновению ЭМП из окружающего пространства в аппарат. В конструкции корпуса следует использовать магнитные материалы на металлической основе. Для пластиковых корпусов имеется ассортимент проводящих красок, которые можно использовать для экранирования корпуса от электромагнитных помех.



Корпус блока питания служит экраном для электромагнитного излучения

Экранирование отдельных узлов аппаратуры позволяет снизить помехи, излучаемые отдельными узлами. Примером может служить трансформатор или дроссель с сердечником, имеющим воздушный зазор. Такоймоточный узел создает интенсивное электромагнитное поле, влияющее на соседние компоненты преобразователя. Проблему можно решить с помощью экрана, выполненного из медной фольги. Подобный экран может быть использован в силовом трансформаторе преобразователя. Экран соединяют с общей точкой на стороне первичной или вторичной обмоток.



Экранированиемоточного узла витком медной ленты

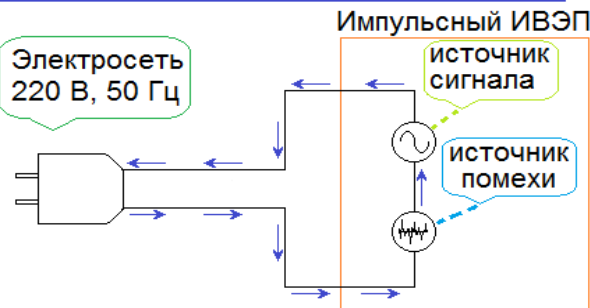
В импульсных источниках с ШИМ существует несколько основных источников ЭМП. Основным источником шума является входная схема питания. Она содержит высокочастотный ключ, первичную обмотку трансформатора и конденсатор входного фильтра. Конденсатор входного фильтра обеспечивает импульсы тока трапецеидальной формы, необходимые источнику питания. Другим источником шума являются дорожки печатной платы, на которой расположены компоненты преобразователя. Дорожки должны быть максимально короткими и широкими. Широкие дорожки имеют меньшую индуктивность, чем тонкие. Длина дорожек обуславливает частоты ЭМП, излучаемых в окружающее пространство. Для того чтобы уменьшить длину соединений, конденсатор входного фильтра и ключ должны располагаться рядом с трансформатором. Кроме того, используемые конденсаторы должны иметь малые значения эквивалентного последовательного сопротивления и эквивалентной последовательной индуктивности. Чем больше значения этих паразитных параметров, тем большими будут синфазные кондуктивные помехи на входе источника питания.

Источники вторичного питания электронной аппаратуры являются преобразователями электрической энергии и обязаны обеспечивать параметры, необходимые потребителю. Работа ИВЭП должна быть согласована с характеристиками питающей сети и удовлетворять большому числу требований, в том числе связанных с изменением режимов работы как сети, так и нагрузки.

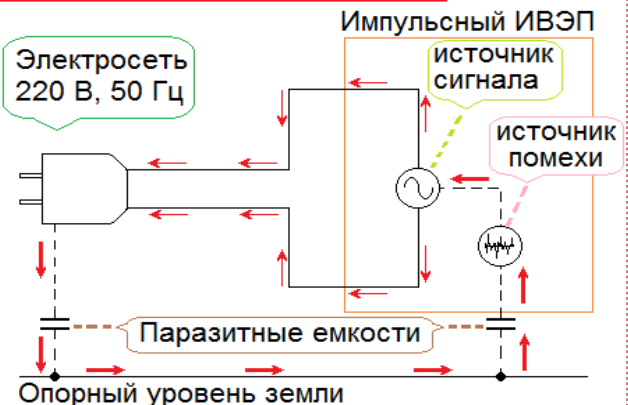
Импульсные источники вторичного электропитания являются источниками интенсивных электромагнитных помех (ЭМП), т.к. сигналы в импульсных источниках представляют периодическую последовательность импульсов. Спектры таких сигналов занимают диапазон частот шириной до нескольких мегагерц. Так же ИВЭП сами довольно восприимчивы к влиянию внешних высокочастотных помех. В этой связи возникает необходимость как защищать импульсные преобразователи от внешних кондуктивных помех, проникающих через сетевой кабель, так и подавлять помехи которые генерируются аппаратом и наводятся в питающую сеть.

Ток дифференциальной помехи (differential-mode - "across-the-line"), наведенный на оба провода линии питания, протекает по ним в противоположных направлениях. Дифференциальные помехи так же называют симметричными. Ток синфазной помехи (common-mode) протекает по всем линиям в одном направлении. Синфазные помехи называют ещё асимметричными. На рисунке показаны направления протекания токов помехи.

Распространение дифференциальных помех



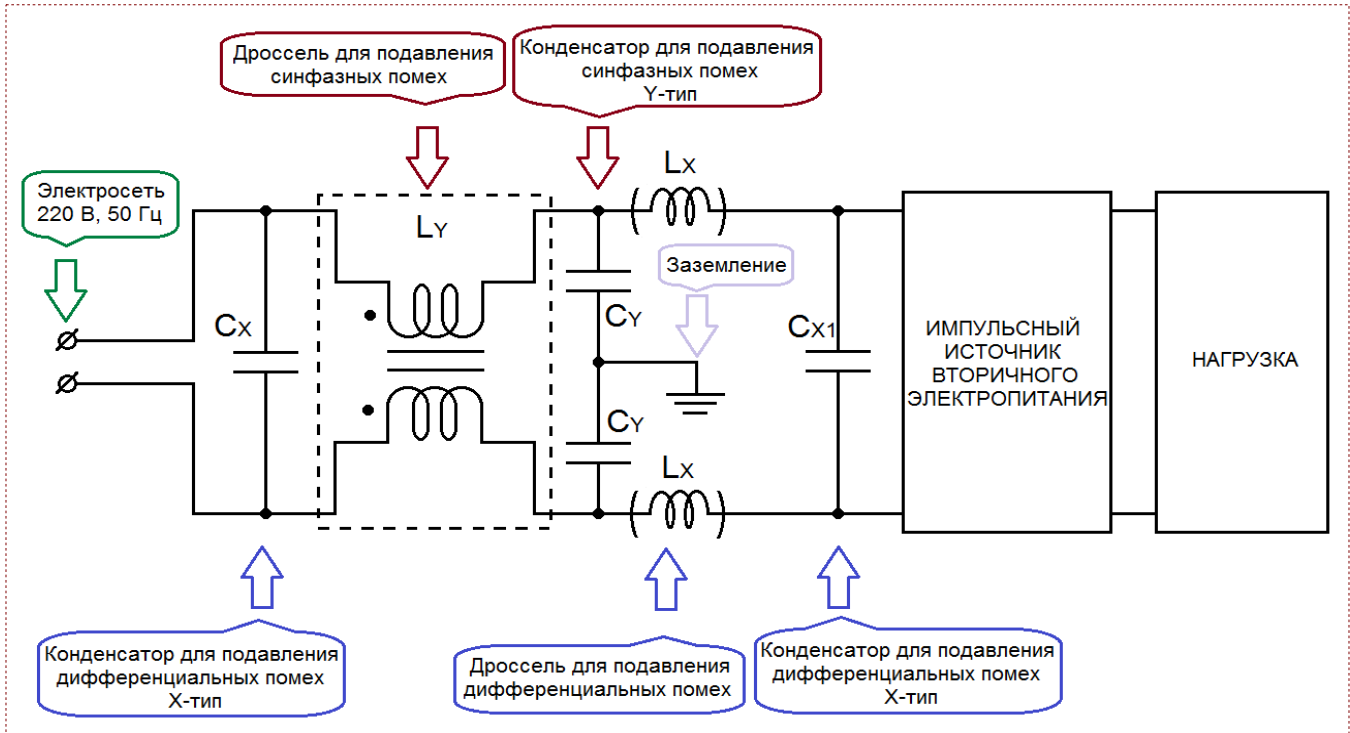
Распространение синфазных помех



Разработчики электронной аппаратуры обязаны выполнять нормативы, определяющие допустимые уровни промышленных помех. Этот фактор вызывает требование использовать специальные фильтры для подавления высокочастотных электромагнитных помех. Такие фильтры называют сетевыми. Их устанавливают между внешней сетью и ИВЭП. Фильтры защиты от радиопомех устанавливаются во входной и выходной цепях преобразователя. Такой фильтр должен подавлять как дифференциальную, так и синфазную составляющие

Элементы для построения сетевых фильтров

Сетевые фильтры должны ослаблять колебания высокой частоты и пропускать без ослабления колебания низкой (промышленной) частоты. Поэтому их реализуют на основе фильтров нижних частот (ФНЧ). Помехоподавляющие фильтры реализуют путем каскадного соединения Г-образных или Т-образных звеньев. Комбинируя такие звенья, добиваются нужного уровня затухания. Структура фильтра определяется во многом внутренним сопротивлением источника помех, сопротивлением сети и видом помех. На рисунке показана типовая схема двухзвенного фильтра, обеспечивающего подавление синфазных и дифференциальных помех.



Основные свойства конденсаторов типа X

Подкласс	Пиковое тестовое напряжение (U_p), кВ	Область применения
X1	$2,5 < U_p \leq 4,0$	Трехфазные сети
X2	$U_p \leq 2,5$	Общее применение
X3	$U_p \leq 1,2$	Общее применение

Основные свойства конденсаторов типа Y

Подкласс	Пиковое тестовое напряжение (U_p), кВ	Номинальное переменное напряжение (U_R), В
Y1	$U_p \leq 8,0$	$U_R \geq 250$
Y2	$U_p \leq 5,0$	$150 \leq U_R \leq 250$
Y3	-	$150 \leq U_R \leq 250$
Y4	$U_p \leq 2,5$	$U_R < 150$

- Конденсаторы типа X устанавливают между линиями (название происходит от английского термина across-the-line). К ним предъявляются высокие требования по безопасности. Они должны выдерживать максимально возможные в сети всплески напряжения, не должны загораться и не должны поддерживать горение.

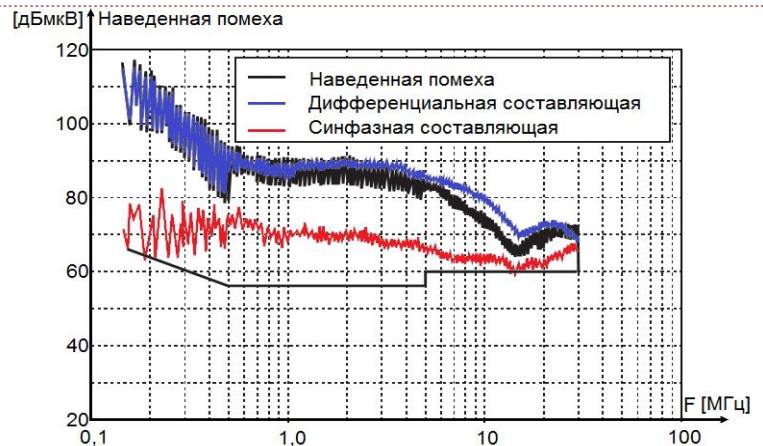
- Конденсаторы типа Y предназначены для работы в тех местах, где выход их из строя угрожает жизни людей. Такие конденсаторы обладают повышенной электрической и механической прочностью.

В нашей стране используют конденсаторы типов X1 и X2, Y1 и Y2.

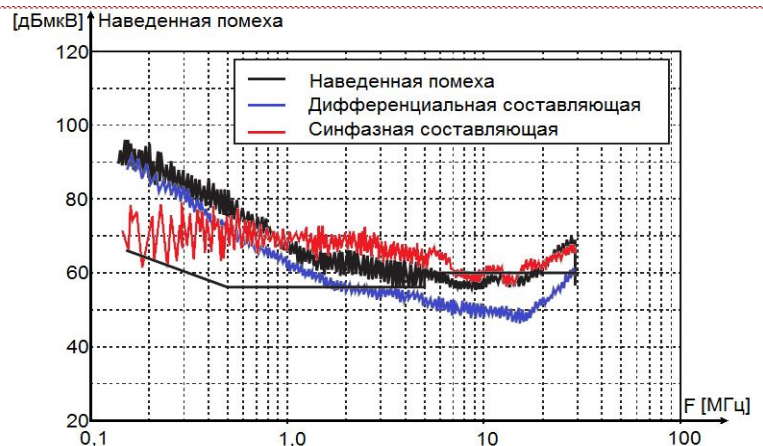
Увеличение емкости конденсатора C_x улучшает фильтрацию дифференциальных помех, но приводит к увеличению реактивного тока. Увеличение емкости конденсатора C_y улучшает фильтрацию синфазных помех, но увеличивает ток утечки. Увеличение индуктивности дросселей улучшает фильтрацию, но приводит к увеличению активного сопротивления обмоток. Потому при проектировании сетевого фильтра важно соблюдать определенный баланс между величиной номиналов компонентов устройства.

На следующих рисунках рассматривается влияние использования отдельных компонентов фильтра на спектр сигнала помех. Импульсные ИВЭП генерируют наиболее сильные помехи в частотном диапазоне сотен килогерц, наиболее близко к рабочим частотам импульсных преобразователей.

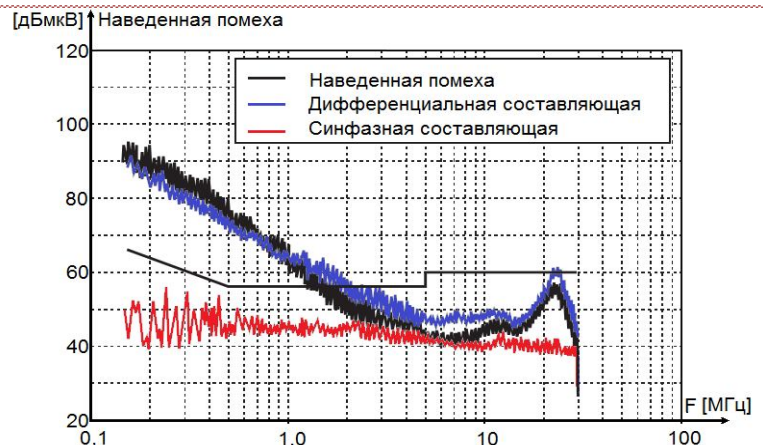
На рисунке приведен типовой "нефильтрованный" спектр сигнала помех импульсного источника питания, которые не оснащён помехоподавляющим фильтром. Заметно серьезное преобладание дифференциальной составляющей сигнала помех над синфазной.



На рисунке показан спектр сигнала помех при использовании одного фильтрующего конденсатора X-типа. Заметно снижение уровня дифференциальных помех и отсутствие влияния на синфазный шум.



На рисунке показан спектр помех при совместном использовании конденсаторов X- и Y-типов. Наблюдается довольно заметное подавление дифференциальных и синфазных помех.



На рисунке показан спектр помех при использовании X- и Y-типов конденсаторов с дросселем для подавления синфазных помех. Наблюдается серьезное снижение общего уровня помех (обеих составляющих).



В реальных моточных изделиях всегда имеется некоторый поток рассеяния, поэтому реальный "синфазный" дроссель обладает некоторой "дифференциальной" индуктивностью.

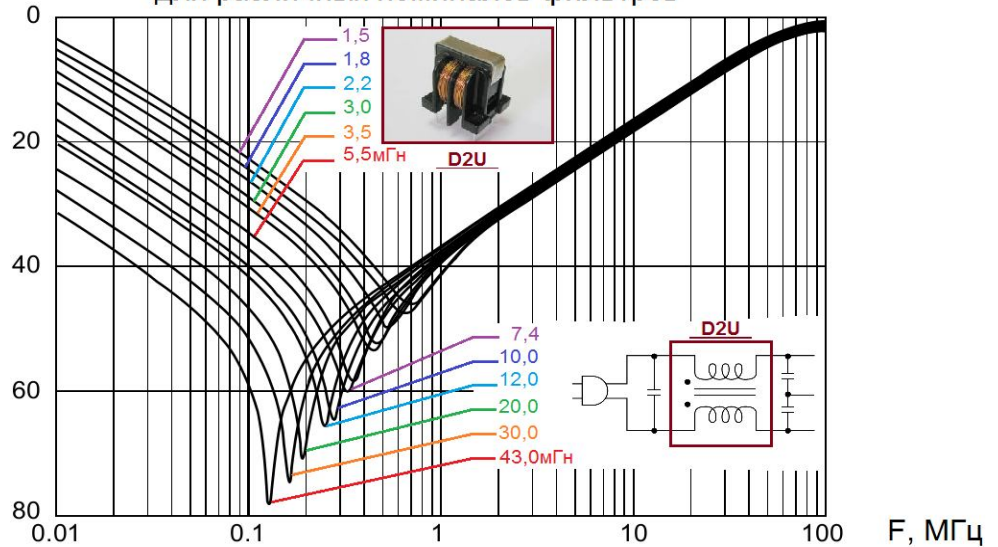
Эффективность фильтрации оценивают вносимым затуханием для сигнала помех.
Коэффициент затухания выражают в децибелах по формуле:

$$A = 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right|$$

Где:

A - коэффициент вносимого затухания;
U₁ – напряжение помех при отсутствии фильтра;
U₂ – напряжение помех при наличии фильтра.

Зависимость вносимого затухания (дВ) от частоты сигнала для различных номиналов фильтров



Применение высокоэффективных индуктивно-емкостных помехоподавляющих фильтров позволяет обезопасить аппаратуру от вредного влияния внешних кондуктивных помех и снизить исходящие шумы, которые генерируются внутри самого прибора. Использование ППФ - одно из основных требований по электромагнитной совместимости современной радиоэлектронной аппаратуры.

Дроссели для построения фильтров подавления синфазных помех
Миниатюрная серия

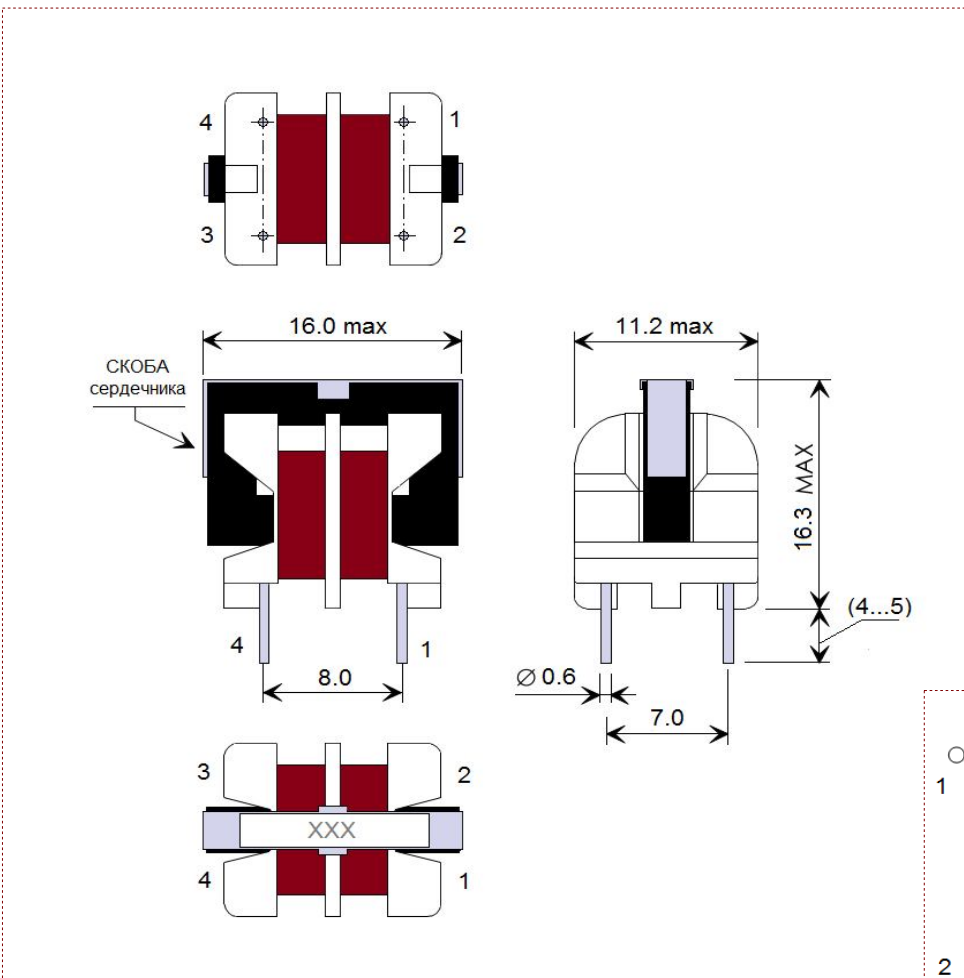
D2U10V

Диапазон рабочего напряжения	0 ... ~ 250 В
Электрическая прочность на пробой между обмотками	1500 В / 3с
Диапазон рабочих температур	-40°C ... +105°C

Допуск номинала индуктивности	-10% / +30%
-------------------------------	-------------

Наименование	Номинальная индуктивность, мГн	Номинальный ток, А	Номинальное сопротивление постоянному току, Ом (max)
D2U10V-683	68,0	0,13	
D2U10V-473	47,0	0,17	3,24
D2U10V-333	33,0	0,20	2,00
D2U10V-223	22,0	0,26	1,32
D2U10V-153	15,0	0,32	1,04
D2U10V-103	10,0	0,40	0,75
D2U10V-682	6,8	0,51	0,52
D2U10V-472	4,7	0,51	0,32
D2U10V-332	3,3	0,51	0,29
D2U10V-222	2,2	0,64	0,22
D2U10V-152	1,5	0,82	0,16
D2U10V-102	1,0	1,03	0,09

Есть возможность изготавливать специальные типы дросселей по требованию заказчика
 Габаритные и установочные размеры указаны в мм.
 Внешний вид и размеры изделий могут иметь отличия от приведенных данных



Основные габаритные размеры дросселя

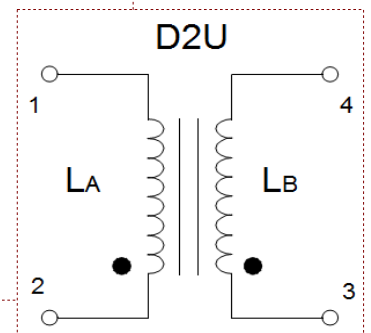


Схема дросселя

Дроссели для построения фильтров подавления синфазных помех
Стандартная серия

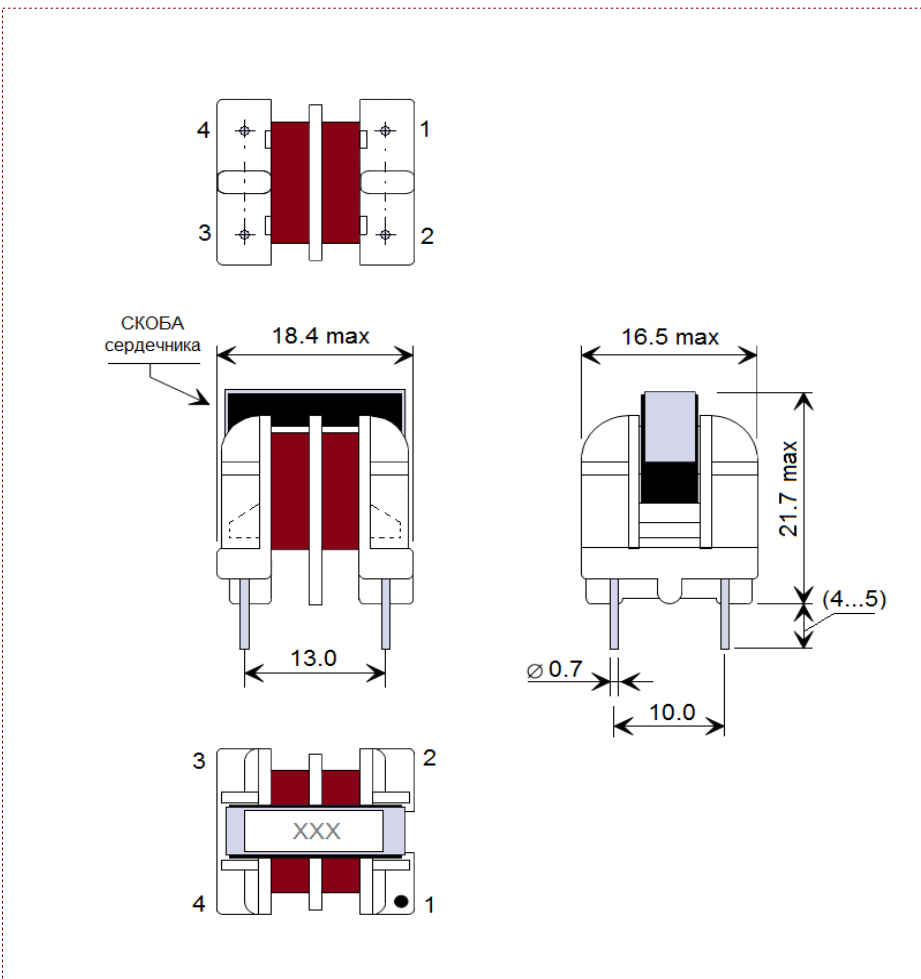
D2U11V

Диапазон рабочего напряжения	0 ... ~ 250 В
Электрическая прочность на пробой между обмотками	1500 В / 3с
Диапазон рабочих температур	-40°C ... +105°C

Допуск номинала индуктивности	-10% / +30%
-------------------------------	-------------

Наименование	Номинальная индуктивность, мГн	Номинальный ток, А	Номинальное сопротивление постоянному току, Ом (max)
D2U11V-104	100,0	0,20	3,13
D2U11V-823	82,0	0,26	2,47
D2U11V-683	68,0	0,26	2,42
D2U11V-473	47,0	0,32	1,65
D2U11V-333	33,0	0,40	1,15
D2U11V-223	22,0	0,51	0,78
D2U11V-153	15,0	0,64	0,43
D2U11V-103	10,0	0,64	0,37
D2U11V-682	6,8	0,82	0,27
D2U11V-472	4,7	1,03	0,19
D2U11V-332	3,3	1,28	0,14
D2U11V-222	2,2	1,60	0,12
D2U11V-152	1,5	1,60	0,11
D2U11V-102	1,0	2,03	0,08

Есть возможность изготавливать специальные типы дросселей по требованию заказчика
 Габаритные и установочные размеры указаны в мм.
 Внешний вид и размеры изделий могут иметь отличия от приведенных данных



Основные габаритные размеры дросселя

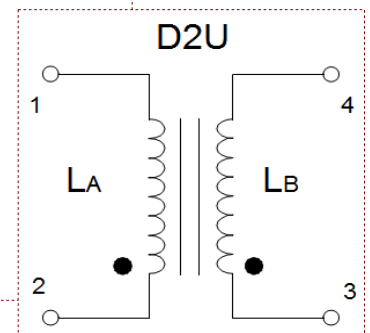


Схема дросселя

Дроссели для построения фильтров подавления синфазных помех
Мощная серия

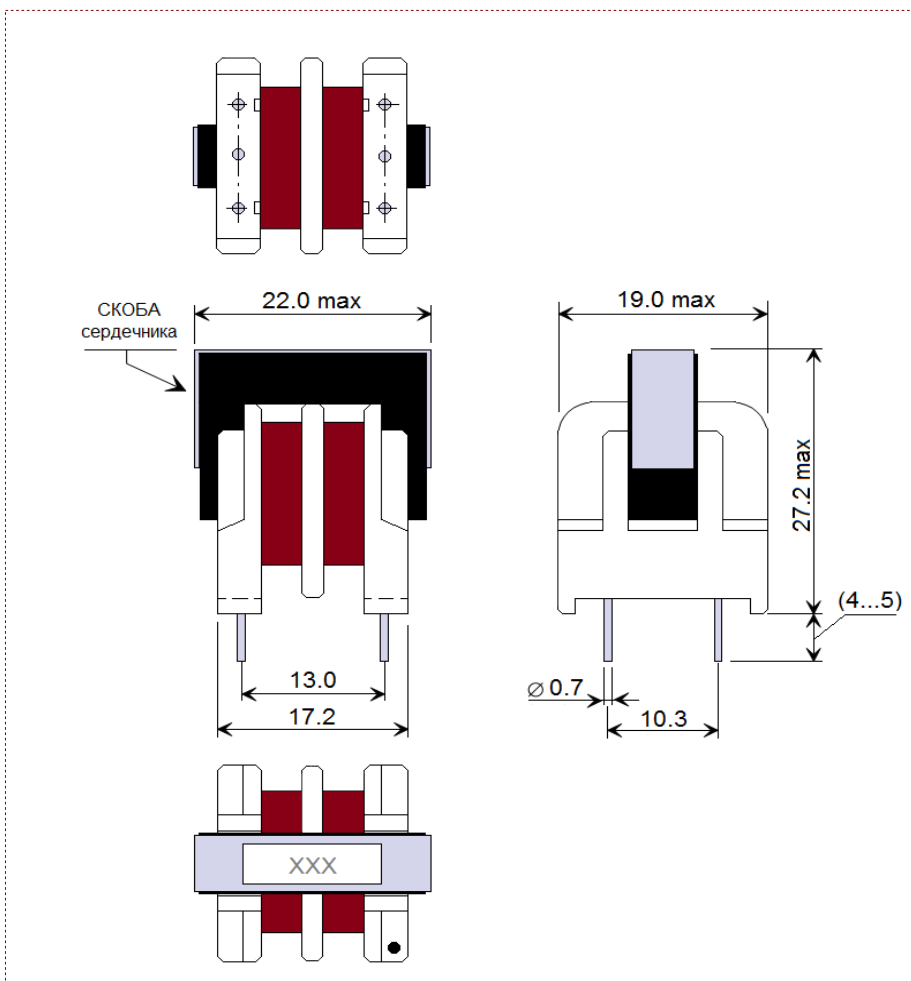
D2U16V

Диапазон рабочего напряжения	0 ... ~ 250 В
Электрическая прочность на пробой между обмотками	1500 В / 3с
Диапазон рабочих температур	-40°C ... +105°C

Допуск номинала индуктивности	-10% / +30%
-------------------------------	-------------

Наименование	Номинальная индуктивность, мГн	Номинальный ток, А	Номинальное сопротивление постоянному току, Ом (max)
D2U16V-104	100,0	0,51	1,05
D2U16V-823	82,0	0,51	1,02
D2U16V-683	68,0	0,51	1,00
D2U16V-473	47,0	0,64	0,60
D2U16V-333	33,0	0,82	0,44
D2U16V-223	22,0	1,03	0,29
D2U16V-153	15,0	1,28	0,20
D2U16V-103	10,0	1,60	
D2U16V-682	6,8	2,03	
D2U16V-472	4,7	2,57	
D2U16V-332	3,3	2,87	
D2U16V-222	2,2	3,27	
D2U16V-152	1,5	4,13	
D2U16V-102	1,0	5,10	

Есть возможность изготавливать специальные типы дросселей по требованию заказчика
 Габаритные и установочные размеры указаны в мм.
 Внешний вид и размеры изделий могут иметь отличия от приведенных данных



Основные габаритные размеры дросселя

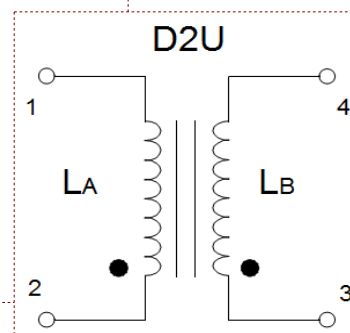


Схема дросселя