

Электромагнитным помехам поставлен надежный барьер

Импульсные DC/DC-преобразователи и ЭМИ-фильтры компании VPT

Михаил Поляков

Компания VPT — производитель импульсных источников питания для ответственных военных и аэрокосмических применений, продукция которого доступна также для гражданских заказчиков. DC/DC-преобразователи VPT отличаются высокой надежностью, большой удельной мощностью, высокими КПД. Компания официально заявляет о полном отсутствии в своей продукции бракованных изделий. Безусловно, достичь безупречного качества было бы невозможно без использования в источниках питания совершенной защиты от электромагнитных помех, о чем и пойдет речь в данной статье.

Изделия VPT представляют собой законченные функциональные блоки: преобразователи выполнены в герметичных металлических корпусах, многие из них имеют встроенные фильтры подавления электромагнитных помех. В линейке продукции VPT можно найти изделия на весь спектр промышленных напряжений — 2,5; 3,3; 5; 12; 28 В, их выходная мощность варьируется от 5 до 100 Вт.

Предназначенные для работы в космосе преобразователи VPT имеют повышенную защиту от радиации. Источники питания для применения в авиации, соответствуют стандарту MIL-PRF-38534. Серия недорогих преобразователей общего применения предназначена для использования в составе любых устройств, требующих высокой надежности.

ЭМИ-фильтры — обязательны

Преобразователь напряжения — это узел, без которого не обходится практически ни одно электронное устройство. К проектированию и применению импульсных преобразователей следует подходить с особым вниманием.

Дело в том, что в этих устройствах многие элементы работают в режимах, близких к предельно допустимым. Слабосигнальные измерительные или цифровые схемы с этой точки зрения менее прихотливы. Выходной ток операционного усилителя, снимающего сигнал с какого-нибудь датчика, как правило, на много порядков меньше предельно допустимого, кроме того, в большинстве случаев предусмотрена внутренняя защита. То же самое можно сказать о выходных драйверах портов почти любых цифровых микросхем. Стоит подключить цифровой вход к цифровому выходу, и можно не беспокоиться о токах и напряжениях, об этом уже позаботились разработчики ИС. Таким образом, именно источник питания может оказаться тем самым слабым звеном, которое вызовет отказ всей системы.

Импульсный преобразователь всегда является источником электромагнитных помех, на его выходе могут возникать скачки напряжения в момент включения самого преобразователя, при подключении и отключении нагрузки. Его нельзя рассматривать как отдельный, структурно и функционально законченный элемент схемы. Для эффективной работы ИП всегда требуются фильтры электромагнитных помех и фильтры подавления скачков напряжения, характеристики которых должны соответствовать параметрам как цепи питания в самом устройстве, так и подключенных потребителей.

Стандарты: избыточное разнообразие

Поскольку помехи в цепях питания оказывают большое влияние на работу электронных устройств, существует множество описывающих их стандартов. Одни из них ограничивают уровень помех, создаваемый источником, другие ограничивают чувствительность приборов к электромагнитным помехам. Существуют стандарты как для бытовых электроприборов, так и для ответственных военных и аэрокосмических применений, никакого единого стандарта нет.

Многие страны ввели свои собственные стандарты, отличающиеся от нормативов соседей. Особенно сложно дело обстоит со стандартами для ответственных применений. Не только разные страны, но и разные военные организации вводят свои собственные регулирующие акты. Зачастую два разных военных стандарта даже нельзя сравнить: в них оцениваются разные физические величины, например ток и напряжение помех. В этом смысле ситуация с гражданскими нормативами обстоит намного проще: большинство организаций просто позаимствовали друг у друга методику измерения уровня допустимых помех, и разные стандарты отличаются только количественной оценкой.

Назначение любого стандарта, ограничивающего уровень создаваемых

прибором помех, — сделать так, чтобы работа каждого узла не мешала работе всей системы в целом. Недопустимо высокий уровень помех вызывает хорошо известные проблемы: в цифровых системах это самопроизвольное переключение триггеров, то есть ошибки при чтении 0 и 1, в аналоговых системах — ошибки при снятии сигнала с всевозможных датчиков и сенсоров.

Помехи в цепях питания можно разделить на электромагнитные помехи и выбросы напряжения при переходных процессах.

Электромагнитная помеха — это шум, как правило, широкого спектра и постоянной амплитуды. Обычно его вызывают импульсные источники питания. Выбросы напряжения при переходных процессах — это скачки или спады питающего напряжения длительностью 1–100 мс, возникающие при подключении и отключении от цепи питания потребителей, включении самого источника питания и т. п.

Нужно отметить, что разные стандарты, описывающие электромагнитные помехи, могут отличаться измеряемыми физическими величинами. Например, MIL-STD-461C предписывает измерять пульсации тока в дБ·мкА и оценивать проводимость фильтра для тока помехи, в то время как MIL-STD-461E рекомендует измерять пульсации напряжения в дБ·мкВ и оценивать коэффициент ослабления помехи между входом и выходом фильтра. DEF-STAN 59-41 предписывает измерение пульсаций тока в дБ·мкА, как и MIL-STD-461C, но для оценки эффективности фильтра использует коэффициент ослабления помехи, как MIL-STD-461E.

Для перехода от одного стандарта к другому необходимо знать параметры подключенных к фильтру цепей и нагрузок. Только тогда станет возможным перевести величины одну в другую. Параметры фильтра электромагнитных помех — это не абсолютная величина, определить их можно только при известных условиях работы.

Электромагнитные помехи

Для того, чтобы понять природу электромагнитных помех и описать их количественно, нужно по отдельности рассмотреть 4 различных явления:

- возникновение помехи в источнике и ее распространение по проводникам (в нашем случае — по шине питания);
- влияние помехи на шине питания на подключенные к шине устройства;
- электромагнитное излучение, вызываемое источником помехи;
- влияние электромагнитного излучения на работу восприимчивых к нему устройств.

Помехи в цепи питания делятся на синфазные и дифференциальные.

Представим устройство, в котором шина питания состоит из двух линий — 0 и +, а также имеется шина земли, скорее всего она соединена с металлическим корпусом. Дифференциальная помеха на шине питания — это изменение напряжения между линиями 0 и +. Такую помеху вызывают протекающие по линиям питания пульсирующие токи — ток к потребителю по линии + и точно такой же возвратный ток по линии 0. Пульсация токов — результат работы ключа в импульсном преобразователе напряжения, частота переключения которого может быть от 100 кГц до 2 МГц.

Синфазная помеха — это одновременное, то есть синфазное изменение напряжения на линиях 0 питания и + питания относительно шины земли. Такая помеха возникает из-за наличия паразитических емкостей между проводниками с пульсирующим напряжением и шиной земли. В любом импульсном преобразователе напряжения есть цепи, амплитуда пульсации напряжения в которых в 1-несколько раз больше входного и выходного напряжения. Между цепью с пульсирующим напряжением и шиной земли существует паразитная емкость, через которую течет ток смещения. Этот пульсирующий ток протекает по шине земли и по обеим линиям шины питания, создавая на их активном и реактивном сопротивлении падение напряжения. Так возникает синфазная помеха.

На рис. 1 показана типовая схема включения импульсного преобразователя напряжения. Питание преобразователя осуществляется через фильтр подавления выбросов напряжения. Выбросы напряжения на шине питания могут происходить при подключении и отключении других потребителей, включении самого источника питания и т. п.

Ток I2 на входе преобразователя имеет большую импульсную составляющую. Короткие скачки тока возникают при переключении ключа. Они особенно легко проходят через паразитические емкости, вызывая, таким образом, синфазные помехи. Для того чтобы ток I3 на входе фильтра электромагнитных помех не имел заметной импульсной составляющей, коэффициент подавления фильтра должен быть порядка сотен или тысяч. Для оценки эффективности фильтра по подавлению дифференциальной составляющей помехи измеряется уровень помехи между линиями шины 0 и +. Для оценки эффективности фильтра по подавлению синфазной составляющей помехи измеряется напряжение между одной из линий питания и шиной земли. Хороший фильтр должен подавлять и синфазную, и дифференциальную составляющую помехи.

Выбросы напряжения при переходных процессах

ЭМИ-фильтры рассчитаны на подавление высокочастотной составляющей помех. Низкочастотный выброс напряжения проходит через них почти без ослабления. Кроме того, помеха создается в источнике непрерывно и всегда имеет одну и ту же амплитуду. Выброс напряжения, возникающий при переходном процессе, происходит редко.

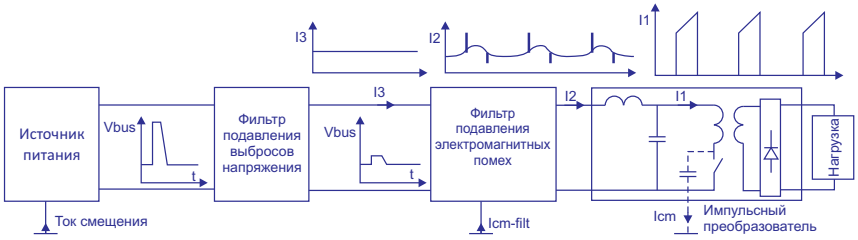


Рис. 1. Типовая схема включения импульсного преобразователя напряжения с ЭМИ-фильтром

Он может быть не периодическим, а однократным. При разработке схем питания для ответственных применений следует учитывать возможность наложения друг на друга двух выбросов, вызванных разными источниками. Такое событие маловероятно, поэтому оно с трудом поддается наблюдению в лабораторных условиях. Поэтому фильтры подавления выбросов напряжения необходимо проектировать с определенным запасом прочности.

Выбросы напряжения, вызванные переходными процессами, можно разделить на 3 основных типа:

1. Выбросы напряжения, которые являются обычным явлением на выходе импульсного преобразователя в момент его включения. Они связаны с конструктивными особенностями, общими для всех импульсных преобразователей.
2. Спады напряжения, которые могут происходить при подключении к шине питания нагрузки, например мощного электродвигателя или фильтра подавления электромагнитных помех с подключенными параллельно линии питания конденсаторами. При этом спад напряжения может иметь длительность от нескольких до 100 мс.
3. Высокочастотные выбросы, происходящие в момент коммутации индуктивной нагрузки. Они обычно сопровождаются затухающими колебаниями, имеющими длительность порядка 5 мс.

Импульсный преобразователь, изображенный на рис. 1, подключен к шине питания через фильтр подавления выбросов напряжения.

Одна из возможных схем реализации фильтра подавления электромагнитных помех и фильтра для защиты от выбросов напряжения показана на рис. 2.

Следует обратить внимание на то, что фильтр подавления выбросов стоит перед фильтром электромагнитных помех. Это сделано не случайно, несмотря на то, что фильтр электромагнитных помех, как можно видеть на рис. 2, устроен очень просто, максимальное напряжение, которое можно подавать на его вход, жестко ограничено, и попадание на вход фильтра выбросов напряжения недопустимо.

Ограничитель напряжения, или же супрессор, — это аналог стабилитрона, рассчитанный на работу при больших импульсных токах. Ограничитель шунтирует напряжение, превышающее напряжение ограничения, при этом на нем выделяется большая тепловая мощность. Напряжение ограничения должно быть много больше штатного напряжения в линии, иначе появляется вероятность протекания через супрессор постоянного тока. По этой причине супрессоры используют для подавления коротких и больших по амплитуде выбросов.

Для подавления импульсов с меньшей амплитудой и большей длительностью применяют схему из двух ключей, линейного стабилизатора и управляющей логики, которая изображена на рис. 2 правее супрессора. В штатном режиме, когда напряжение питания не превышает допустимого значения, ключ 1 замкнут, и ток через него течет в нагрузку. Если напряжение питания превышает допустимое значение, ключ 1 размыкается, ключ 2 замыкается, и питание нагрузки осуществляется через линейный стабилизатор.

При этом на линейном стабилизаторе выделяется тепловая мощность, равная произведению тока на падение напряжения на стабилизаторе.

И супрессор, и линейный стабилизатор рассчитаны на рассеивание небольшой тепловой мощности и могут работать только в импульсном режиме. Длительность, амплитуда и период повторения выбросов напряжения на входе фильтра не должны превышать допустимого значения.

Все фильтры электромагнитных помех устроены схожим образом и состоят из индуктивностей и конденсаторов. На рис. 2 изображен фильтр с двумя последовательно включенными LC-ячейками для подавления дифференциальных помех. Для подавления синфазных помех служит синфазный трансформатор на входе фильтра и два конденсатора с общей точкой на шине земли на выходе.

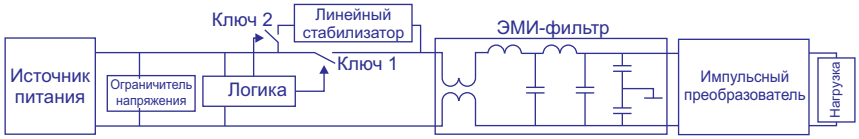


Рис. 2. Схема реализации фильтра подавления электромагнитных помех и фильтра для защиты от выбросов напряжения

Советы разработчику

Первоочередная задача — четко определить, для какого рынка и каких конечных потребителей предназначено устройство.

Требования к одним и тем же приборам, продающимся в США, Европе и Азии, сильно отличаются. Разрабатывать устройство, удовлетворяющее требования одного целевого рынка, всегда проще и дешевле, чем устройство, одновременно соответствующее большому количеству стандартов. Создавать электронику для ответственных аэрокосмических и военных применений еще сложнее.

Как правило, все предъявляемые требования необходимо обсуждать с конечным покупателем. Например, описанный выше фильтр для защиты от выбросов напряжения может отключать или не отключать нагрузку при падениях питающего напряжения ниже определенного уровня, может иметь или не иметь собственную систему отключения при перегреве. Подобные тонкости, зачастую не оказывающие никакого влияния на работу устройства в штатных условиях и потому игнорируемые при разработке «гражданских» приборов, должны в обязательном порядке учитываться при создании электроники для военных и аэрокосмических применений.

Любой стандарт, ограничивающий уровень помех в цепях питания, должен содержать описание методики его измерения и оценки полученных результатов. Оно, в свою очередь, должно быть достаточно исчерпывающим для того, чтобы обеспечить хорошую повторяемость результатов измерения в разных лабораториях. Насколько хорошо испытательный стенд моделирует реальные полевые условие, всегда остается открытой темой для обсуждения.

Применение готовых фильтров — способ упрощения разработки

Как уже сказано, фильтр электромагнитных помех, на первый взгляд, устроен очень просто, и у любого разработчика может появиться соблазн сделать его самостоятельно. Но за кажущейся простотой скрывается масса тонкостей. Номиналы конденсаторов и материал диэлектрика, материал сердечников дросселей, последовательность расположения ячеек, подавляющих синфазные и дифференциальные помехи, определяют работу устройства. Правильно рассчитать фильтр электромагнитных помех — узкая и потому сложная задача, решение которой лучше доверить специалистам в этой области.

На рынке существует большое количество фильтров электромагнитных помех, выполненных в виде законченного электронного компонента. Их применение сокращает количество элементов и точек пайки в устройстве, упрощает сборку и настройку. Выполненный в виде отдельного модуля фильтр без труда можно заменить на фильтр с другими характеристиками, что делает параметры устройства более гибкими.

В качестве фильтров подавления электромагнитных помех и выбросов напряжения разработчикам высоконадежной техники рекомендованы продукты компании VPT серии DVMN. Компонент для конкретного применения можно подобрать, пользуясь документацией на фильтры VPT и дополнительной информацией из руководств по применению. Вся информация доступна на сайте www.vpt-inc.com.

По любым техническим вопросам относительно продукции VPT обращайтесь к руководителю направления силовой электроники и источников питания компании ПетроИнТрейд» Вадиму Дроздову: vpt@petrointrade.ru

«ПЕТРОИНТРЕЙД» — ДИСТРИБЬЮТОР КОМПОНЕНТОВ PULSE ELECTRONICS

Компания «ПетроИнТрейд» заключила дистрибьюторское соглашение с производителем электронных компонентов Pulse Electronics. Согласно полученному сертификату, «ПетроИнТрейд» является официальным дистрибьютором Pulse Electronics на территории РФ с июня 2011 года.

Компания Pulse Electronics основана в 1947 г. и специализируется на производстве магнетиков, антенн и разъемов. Фирма ориентирована на рынок проводных и беспроводных сетей, силового питания, а также военного и аэрокосмического оборудования и автомобильной промышленности.

Pulse Electronics по праву занимает место лидера в поставках моточных компонентов для использования в сетевых и телекоммуникационных приборах, устройствах доступа в Интернет и в разнообразных преобразователях электроэнергии.

Линейка продукции Pulse Electronics включает следующие компоненты:

1. Антенны:
   - для мобильных телефонов;
   - для беспроводных решений.
2. Автомобильная продукция:
   - трансформаторы зажигания;
   - катушки;
   - антенны.
3. Трансформаторные модули для информационных сетей (LAN):
   - интерфейсные индуктивные микросборки;
   - соединители-фильтры.
4. Соединители для сетей и телекоммуникаций.
5. Компоненты для ВЧ-устройств и беспроводной связи:
   - высокочастотные индуктивные компоненты;
   - компоненты для устройств ВОЛС и IEEE 1394.
6. Компоненты для телекоммуникационных систем:
   - телекоммуникационные трансформаторы;
   - трансформаторные микросборки;
   - RF чип-индуктивности.
7. Компоненты для устройств широкополосного доступа в Интернет:
   - трансформаторы;
   - дроссели;
   - индуктивности;
   - фильтры для телефонных линий;
   - индуктивные модули для устройств SDV, MTU и HPN.
8. DSL-фильтры.
9. Силовые индуктивные компоненты:
   - трансформаторы и индуктивности для импульсных AC/DC и DC/DC-конвертеров;
   - EMI-дроссели;
   - трансформаторы-датчики тока;
   - сетевые трансформаторы.
10. Электронные компоненты для медицинских устройств.
11. Компоненты для военных и аэрокосмических применений.