

ЭМС понижающих преобразователей:

трижды проверь себя

В статье приведены рекомендации, позволяющие в ряде случаев избежать ненужных переразводов печатных плат импульсных преобразователей напряжения из-за их неудовлетворительных показателей электромагнитной совместимости (ЭМС).

Сэм Джаффе (Sam Jaffe)

**Перевод и адаптация:
Олег Негреба**

ONegreba@aedon.ru

Электромагнитные помехи от импульсных преобразователей напряжения создают постоянные проблемы в электронном оборудовании самого различного назначения. Большинство инженеров, проектирующих схемы питания узлов аппаратуры, знают, как уменьшить влияние этих помех на электронные компоненты, в том числе правильной компоновкой силового каскада преобразователя, выбором оптимального способа управления им (технологии мягкого переключения, качание фазы частоты преобразования), установкой дополнительных фильтров и т. д. Тем не менее есть некоторые малоизвестные приемы, которые могут заметно улучшить ЭМС неизолированных понижающих преобразователей (а также и других топологий) без изменения дизайна платы. Положительный эффект приведенных в статье советов поможет устранить необходимость переразводки печатной платы устройства и за десять минут привести в норму его показатели ЭМС.

Совет № 1. Поверните силовой дроссель

Теоретически, в отличие от диодов или полярных конденсаторов, дроссели не имеют функциональной полярности и должны одинаково работать в обоих

направлениях, поэтому в подавляющем большинстве схем конечного использования полярность их подключения не важна. Однако в некоторых случаях все же наблюдается, что отдельные дроссели ведут себя по-разному в зависимости от полярности подключения в связи с их конструктивными особенностями.

Неизолированный понижающий преобразователь имеет в своем составе LC-фильтр для преобразования импульсного напряжения U_{SW} в постоянное U_{OUT} . На рис. 1 показаны упрощенная схема неизолированного понижающего преобразователя и его сигналы.

Из схемы видно, что один из выводов дросселя L подключен к напряжению U_{SW} , генерирующему электромагнитные помехи. Это напряжение представляет собой прямоугольный сигнал с крутыми фронтами, изменяющимися от нуля до входного напряжения. Второй вывод дросселя подключается к цепи U_{OUT} , которая с точки зрения генерации электромагнитных помех является электрически тихой, находящейся под постоянным напряжением. Правильная трассировка электронных компонентов на печатной плате импульсного преобразователя напряжения подразумевает минимизацию площади «горячих» прово-

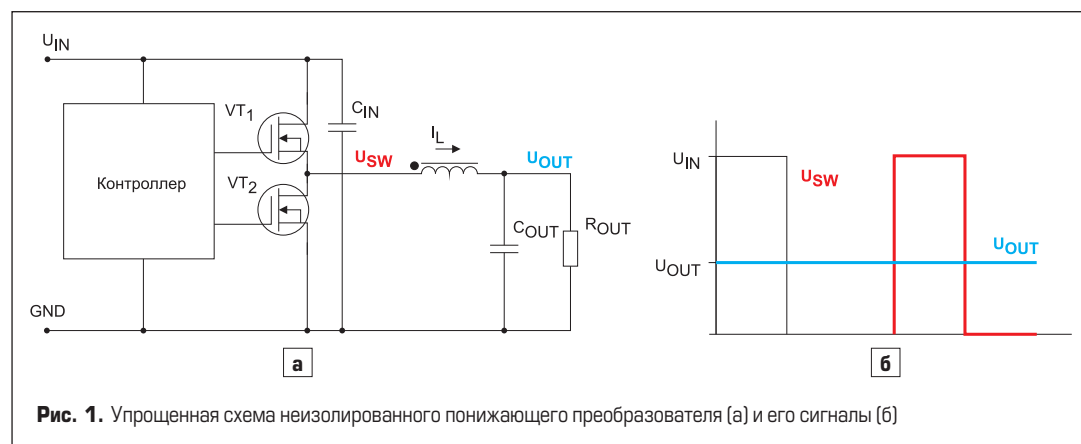


Рис. 1. Упрощенная схема неизолированного понижающего преобразователя (а) и его сигналы (б)

дников для снижения их емкостной связи с заземляющей поверхностью, поскольку в противном случае существенный синфазный шум ухудшает характеристики преобразователя по ЭМС. Очевидно, что данный же подход применим и к конструкции силового дросселя, подключенного к коммутируемой точке, а потому качество показателей ЭМС может варьироваться в зависимости от устройства дросселя и его ориентации.

Силовой дроссель — это, по сути, изолированный провод, намотанный на материал сердечника, как показано на рис. 2. Обмотка дросселя может быть выполнена в один или в несколько слоев, но самое главное то, что его конструкция никогда не бывает идеально симметричной, и простое вращение дросселя на 180° меняет то, какой из его выводов подключается к узлу коммутации с высоким уровнем шума, что приводит к различным результатам по ЭМС.

Емкостную связь дросселя с однослойной обмоткой и заземляющей поверхности можно снизить, подключив коммутируемую цепь к выводу, от которого обмоточный провод начинает наматываться снизу (вывод В на рис. 2а). Поскольку нижняя часть обмотки физически расположена ближе к плате, такое решение позволит уменьшить размер помехоизлучающего узла и повысить эффективность его экранирования. Чтобы сократить емкостную связь для многослойного дросселя, необходимо подключать генератор помехи к выводу дросселя, от которого провод идет внутрь обмотки (вывод D на рис. 2б). В этом случае «шумящая» часть дросселя будет эффективно заэкранирована «тихим» наружным слоем его обмотки.

К настоящему времени многие производители электромагнитных компонентов уже начали маркировать один из выводов выпускаемых дросселей, чтобы обеспечить возможность их однозначной ориентации в конечной аппаратуре. Однако, поскольку до сих пор нет никакого отраслевого стандарта, регламентирующего, какой из выводов дросселя необходимо маркировать и каким должно быть направление намотки, нет никакой гарантии, что маркировка вывода дросселя от одного производителя означает то же, что и у другого. Начало и направление намотки могут быть указаны в спецификации на дроссель, но в любом случае достаточно просто развернуть дроссель на печатной плате на 180°, чтобы выяснить, улучшатся ли показатели ЭМС.

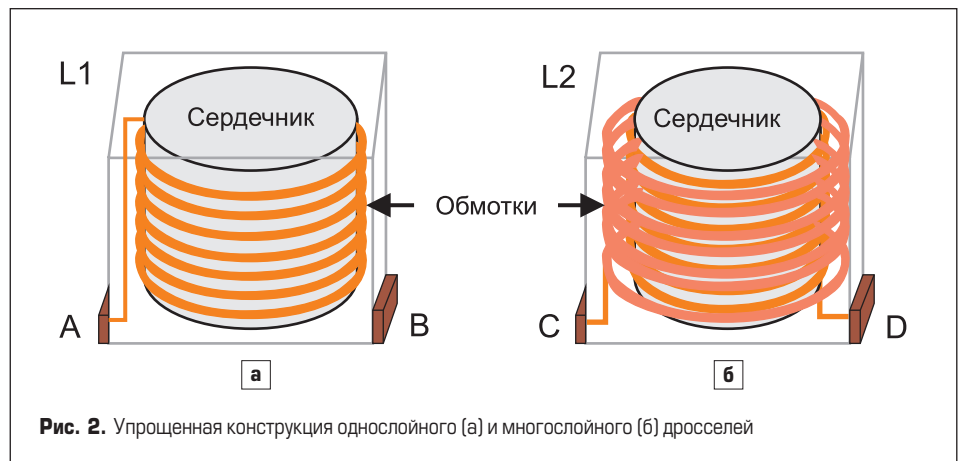


Рис. 2. Упрощенная конструкция однослойного (а) и многослойного (б) дросселей

Результат. При испытаниях на соответствие стандарту CISPR 25 (ГОСТ Р 51318.25-2012) источника питания, построенного с использованием преобразователя LMR33630-Q1 компании Texas Instruments, разворот его силового дросселя на 180° привел к улучшению помеховой обстановки в FM-радиодиапазоне на 8 дБмкВ. Так, на частоте 108 МГц (одна из наиболее проблемных частот при тестировании на ЭМС по пятому классу уровня указанного стандарта) средние значения кондуктивных радиопомех снизились с 15 (при норме не более 18 дБмкВ) до 7 дБмкВ.

Совет № 2. Удалите конденсатор со входа помехоподавляющего фильтра

Помехоподавляющие фильтры обычно состоят из однообмоточного дросселя, ферритовой бусины и иногда синфазного дросселя, как показано на рис. 3. До, после и/или между этими индуктивными компонентами размещаются конденсаторы. Фильтр часто начинается с небольшого высокочастотного керамического конденсатора (C1 на рис. 3), расположенного дальше всего от преобразователя для снижения пульсаций на клеммах питания. Обычно установка такого конденсатора приводит к уменьшению дифференциальных радиопомех от преобразователя, но иногда его наличие вызывает ухудшение показателей ЭМС.

Как видно на рис. 3, конденсатор C1 замыкает собой контур от источника входного напряжения с паразитной индуктивностью цепи питания, в связи с чем возможно появление резонанса на частоте, обратно пропорцио-

нальной корню произведения паразитной индуктивности на емкость этого конденсатора. Конденсатору с емкостью 0,1 мкФ требуется лишь 0,022 нГн индуктивности для резонанса на частоте 108 МГц (верхний предел FM-радиодиапазона).

В зависимости от компоновки элементов схемы измерения показателей ЭМС и емкости конденсатора C1 можно увидеть улучшение электромагнитной обстановки, просто удалив его.

Результат. Исключение из схемы измерения кондуктивных радиопомех конденсатора C1 (рис. 3) привело к снижению их средних значений в FM-радиодиапазоне на 3–5 дБмкВ. В большинстве применений этот конденсатор положительно влияет на помеховую обстановку, но часто бывает и так, что его удаление улучшает высокочастотные результаты.

Совет № 3. Измените тип нагрузочного резистора и точки его подключения

Тест ЭМС обычно проводится при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе преобразователя, при этом в качестве его нагрузки используется балластный резистор (R_{OUT} на рис. 1) для обеспечения необходимой выходной мощности. При подготовке к испытаниям необходимо ответственно подойти к выбору типа применяемого нагрузочного резистора (проволочный или безындуктивный), конструкции его радиатора охлаждения (громоздкий радиатор будет работать как излучающая помехи антенна, но в то же время недостаточный радиатор может вызвать перегрев нагрузочного рези-

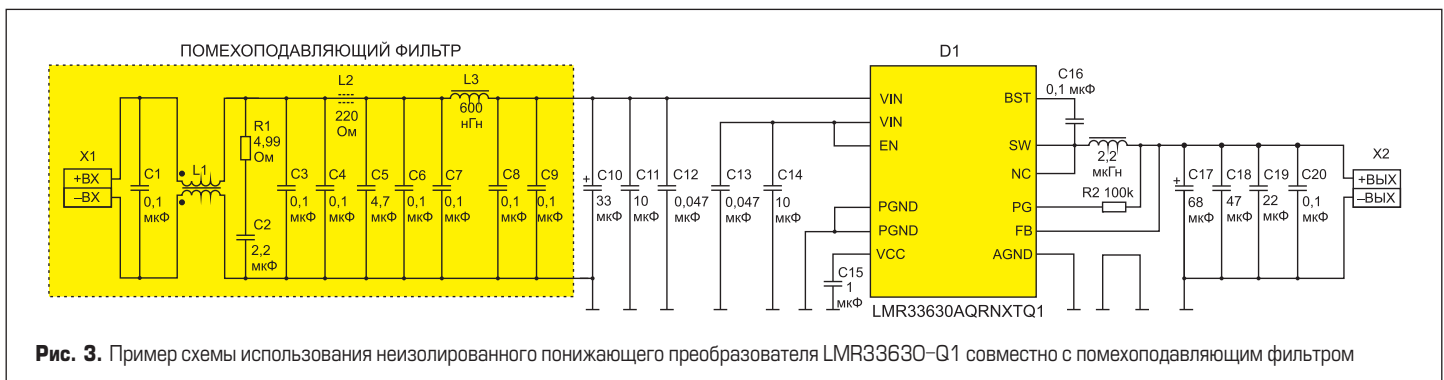


Рис. 3. Пример схемы использования неизолированного понижающего преобразователя LMR33630-Q1 совместно с помехоподавляющим фильтром

стора и его выход из строя во время проведения испытаний) и к экранированию нагрузки (заземленный экран уменьшит излучение радиопомех, но увеличит требуемый размер нагрузки или ее радиатора из-за затруднения теплообмена).

Другим важным критерием при анализе нагрузочного резистора является то, каким образом он подключается к выходу преобразователя. Этот аспект аналогичен описанному в совете № 2. Установка на выходе преобразователя исключительно высокодобротных керамических конденсаторов может привести к тому, что их резонанс с паразитной индуктивностью цепи нагрузки станет причиной провала теста на электромагнитные помехи. Самый простой способ убедиться в том, что этот резонанс не является критическим, — подключить нагрузку непосредственно к керамическим выходным конденсаторам для минимизации паразитной индуктивности,

снижения резонансных явлений или смещения проблемной области к более высоким частотам. В любом случае такая проверка позволит выяснить, не является ли данный резонанс причиной неудовлетворительных показателей ЭМС.

Результат. Перенос подключения нагрузки непосредственно на выходные конденсаторы в одном из испытаний привел к улучшению ситуации в FM-радиодиапазоне на 10 дБмкВ — в режиме измерения усредненных значений кондуктивных радиопомех результаты улучшились с 22 (превышение нормы на 4 дБмкВ) до 12 дБмкВ (6 дБмкВ ниже предела).

Заключение

Снижение электромагнитных помех от импульсных преобразователей напряжения — это и наука, и искусство. На эту тему опубликовано множество статей, регулярно проводятся семи-

нары и тренинги. Безусловно, разработчик должен владеть знаниями и навыками построения малошумящих преобразователей и фильтров для них, однако нет никакой гарантии, что после изготовления устройство будет удовлетворять всем требуемым нормам по ЭМС. В связи с этим крайне важно иметь в запасе стратегию улучшения показателей ЭМС без внесения радикальных изменений в проект. Мероприятия, описанные в данной статье, занимают совсем немного времени, зато эффект от их реализации способен снять проблему по прохождению тестирования на ЭМС сразу, а не после бесчисленных часов перепроектирования и повторной проверки. Используйте эти советы, чтобы улучшить показатели ЭМС своего изделия и успешно пройти испытания с первого раза.

Оригинал статьи опубликован на сайте www.PowerSystemsDesign.com