

ЭМС понижающих преобразователей: трижды проверь себя

Сэм ДЖАФФЕ (Sam JAFFE)

Перевод и адаптация:
Олег НЕГРЕБА
ONegreba@aedon.ru

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

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» проводников 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.

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, фер-

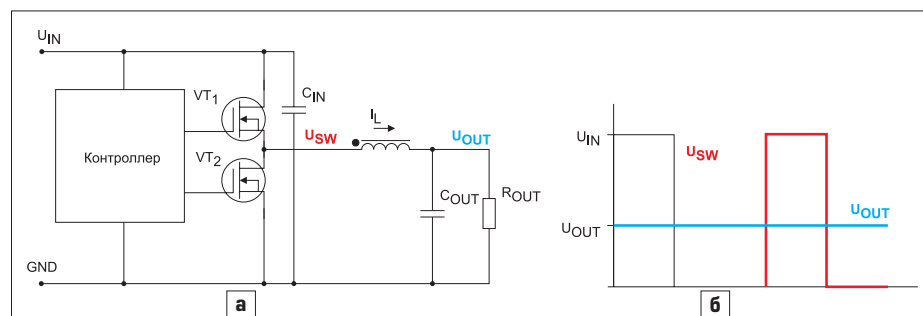


Рис. 1. Упрощенная схема неизолированного понижающего преобразователя (а) и его сигналы (б)

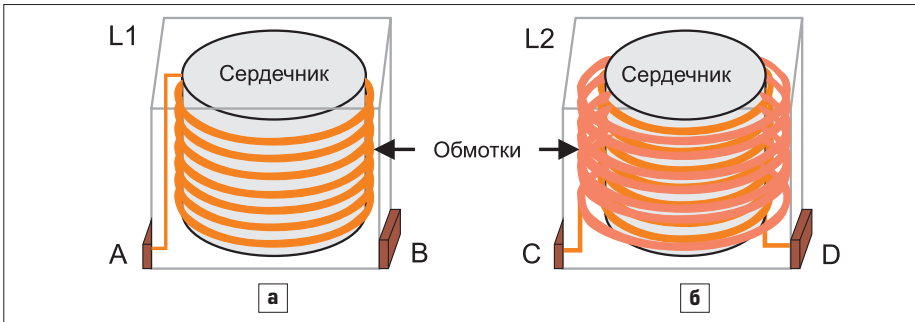


Рис. 2. Упрощенная конструкция однослойного (а) и многослойного (б) дросселей

ритовой 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 пропорциональной 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 резистора и его выход из строя во время проведения испытаний) и к экранированию нагрузки (заземленный экран уменьшит излучение радиопомех, но увеличит требуемый размер 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 высокоомных керамических конденсаторов мо-

жет 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 семинары 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

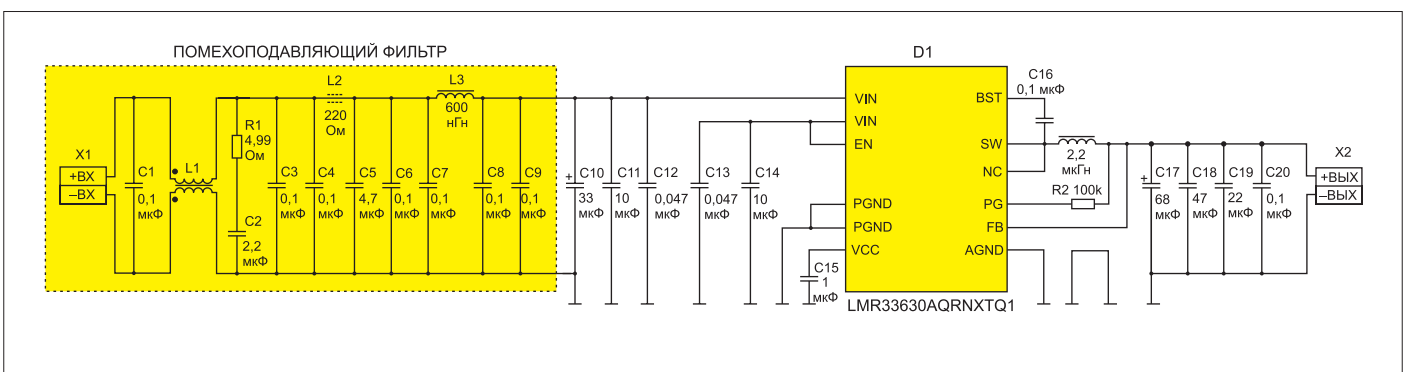


Рис. 3. Пример схемы использования неизолированного понижающего преобразователя LMR33630-Q1 совместно с помехоподавляющим фильтром