

# Испытания импульсных источников питания на кондуктивные излучения



К числу недостатков импульсных источников питания относится генерация гармоник, возникающих при коммутации силовых ключей, а также из-за несинусоидальной формы напряжения и тока преобразователя. На их величину непосредственно влияют выбранная топология и схема коммутации. Цель этой статьи — ознакомить читателя с основами тестирования на наличие кондуктивного излучения с использованием DC/DC-преобразователя с низким уровнем электромагнитных помех (ЭМП). Результаты измерения электромагнитных помех анализируются на примере трансформаторов серии HCTSM8 от Bourns.

Шейн О'КОННОР (Shane O'CONNOR)  
разработчик, Bourns

## Необходимость проведения испытаний на электромагнитное излучение

Чтобы вывести электронное изделие на рынок, проводится тестирование на кондуктивные помехи (conducted emissions, CE) для оценки ЭМП. Помехи от устройства не должны превышать установленного предела. Излучение электромагнитных помех определяется как любая нежелательная электромагнитная энергия, распространяемая устройством. Их можно разделить на две категории: кондуктивные и излучаемые. Кондуктивные помехи распространяются в проводящих средах, например по проводам, дорожкам печатных плат и разъемам. Излучаемые помехи распространяют по воздуху между своим источником и приемником.

Паразитные элементы трансформатора, например индуктивность рассеяния и межобмоточная емкость, могут оказывать значительное влияние на излучение электромагнитных помех. Межобмоточная емкость образуется между первичной и вторичной обмотками. Напряжение на первичной обмотке прикладывается к этой емкости, вызывая протекание синфазных токов через барьер. Двухтактная топология позволяет в большой мере решить эту проблему за счет сбалансированной конфигурации переключения, при которой синфазные токи в каждой половине обмотки взаимно гасят друг друга.

Рассматриваемая нами схема состоит из последовательного трансформатора HCTSM8 компании Bourns и двухтактного драйвера SN6501 от Texas Instrument. Вместе они позволяют реализовать отличный двухтактный DC/DC-преобразователь с низким уровнем электромагнитных помех.

## Тестирование на наличие кондуктивных помех

Уровень ЭМП регулируется стандартами. Производители должны сертифицировать изделия на соответствие стандартам. Тестирование – важнейший этап сертификации. Стандарт устанавливает максимальный уровень допустимых электромагнитных помех, которые может излучать устройство при нормальной работе. Он также определяет испытательную установку для объективной оценки результатов измерений. Давайте посмотрим, как выполняется тестирование согласно стандарту.

### Испытательная установка

Измерения уровня электромагнитных помех осуществляются с помощью схемы на рис. 1. Тестирование этого типа называется предварительными испытаниями на соответствие. Они дают представление о том, отвечает ли устройство требованиям стандарта к ЭМП, и позволяют внести изменения в конструкцию до этапа сертификации конечного изделия. На рис. 1 показана используемая испытательная установка. Анализатор спектра измеряет излучение испытуемого устройства (ИУ), уровень которого сравнивается с предельными значениями, установленными стандартом.

### Эквивалент сети

Для тестирования устройства на кондуктивные помехи применяется эквивалент сети (Line Impedance Stabilization Network, LISN), как показано на рис. 2. Он гарантирует, что импеданс источника определен и согласован с входным импедансом анализатора спектра (50 Ом). Более того, эквивалент должен обеспечить точное измерение шума испытуемого образца. Эквивалент блокирует любой высокочастотный шум, поступающий по линиям питания от источника, а также предотвращает любой шум, их покидающий. При этом эквивалент сети пропускает низкочастотные сигналы.

### CISPR 25

Преобразователи мощности для автомобильных приложений проходят испытания в соответствии со стандартом CISPR 25, который определяется как «Радиопомехи. Пределы и методы измерения характеристик для защиты приемников, установленных на борту транспортных средств, судов и машин». Стандарт определяет разные

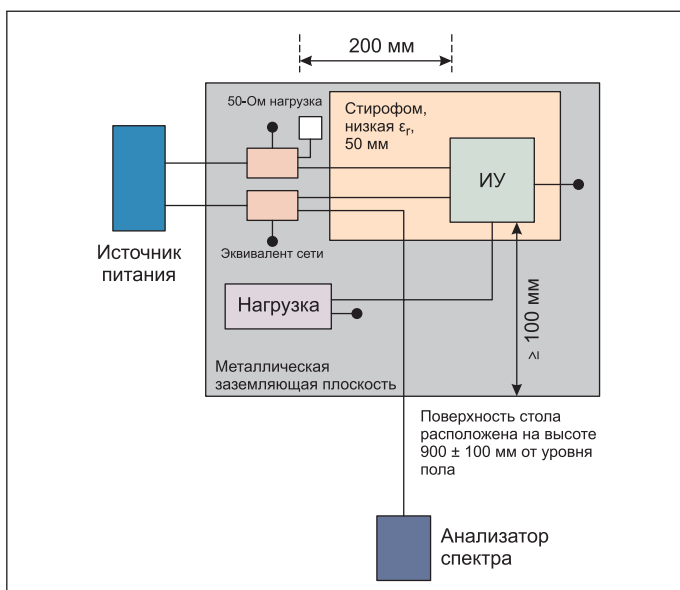


Рис. 1. Установка для измерения кондуктивных помех согласно стандарту CISPR 25

классы. Класс устройства выбирается в зависимости от того, где оно используется в системе транспортного средства. Существуют пять классов, из которых класс 5 имеет самые строгие ограничения. Допустимые пределы указаны в таблицах 1–2.

### Измерение кондуктивных помех

Детектор применяется для преобразования изменяющегося во времени выходного сигнала эквивалента сети в сигнал фиксированного уровня для измерения. Обычно для детектирования используются три метода, позволяющие установить: квазипиковые (QP), пиковые (Pk) и средние (AV) значения. Стандарт задает предельные значения для каждого метода. Для предварительного тестирования на соответствие лучше всего начать с детектирования пиковых значений. Если результаты детектирования пиковых значений оказываются ниже установленного предела QP, то тесты на детектирование значений QP и AV в большинстве случаев завершаются успешно.

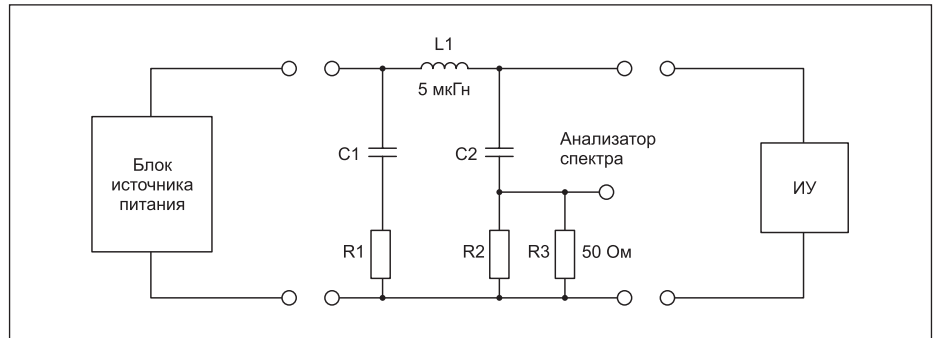


Рис. 2. Схема эквивалента сети

### Пример тестируемого устройства

Трансформаторы для двухтактных преобразователей серии HCTSM8 от компании Vicor применяются в изолированных драйверах затворов или в системах управления батареями (BMS) в оборудовании промышленной автоматизации, управлении производственными процессами и источниках питания с изолированными интерфейсами CAN, RS-485, RS-422, RS-232,

SPI, I2C. Они были протестированы и утверждены компанией Texas Instruments (TI) для использования с двухтактным драйвером SN6501 TI. Для получения характеристик ЭМП было проведено соответствующее тестирование двухтактной схемы с использованием драйвера SN6501 и трансформатора HCTSM8. На рис. 3 показана испытательная схема для тестирования ЭМП.

Таблица 1. Пиковые и квазипиковые предельные уровни CISPR 25

Сервис/полоса	Частота, МГц	Уровни, дБмкВ									
		Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4		Класс 5	
		пик.	квазипик.	пик.	квазипик.	пик.	квазипик.	пик.	квазипик.	пик.	квазипик.
Широковещание											
ДВ	0,15–0,30	110	97	110	87	90	77	80	67	70	57
СВ	0,53–1,8	86	73	78	65	70	57	62	49	54	41
КВ	5,9–6,2	77	64	71	58	65	52	59	46	53	40
УКВ	76–108	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
ТВ-1	41–88	58		52		46		40		34	
Мобильные сервисы											
Безлицензионная полоса частот	26–28	68	55	62	49	56	43	50	37	44	31
ОВЧ	30–54	68	56	62	49	56	43	50	37	44	31
ОВЧ	64–87	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25

Таблица 2. Средние предельные уровни CISPR 25

Сервис/полоса	Частота, МГц	Уровни, дБмкВ				
		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
		Средний	Средний	Средний	Средний	Средний
Широковещание						
ДВ	0,15–0,30	90	80	70	60	50
СВ	0,53–1,8	66	58	50	42	34
КВ	5,9–6,2	57	51	45	39	33
УКВ	76–108	42	36	30	24	18
ТВ-1	41–88	48	42	36	30	24
Мобильные сервисы						
Безлицензионная полоса частот	26–28	48	42	36	30	24
ОВЧ	30–54	48	42	36	30	24
ОВЧ	64–87	42	36	30	24	18

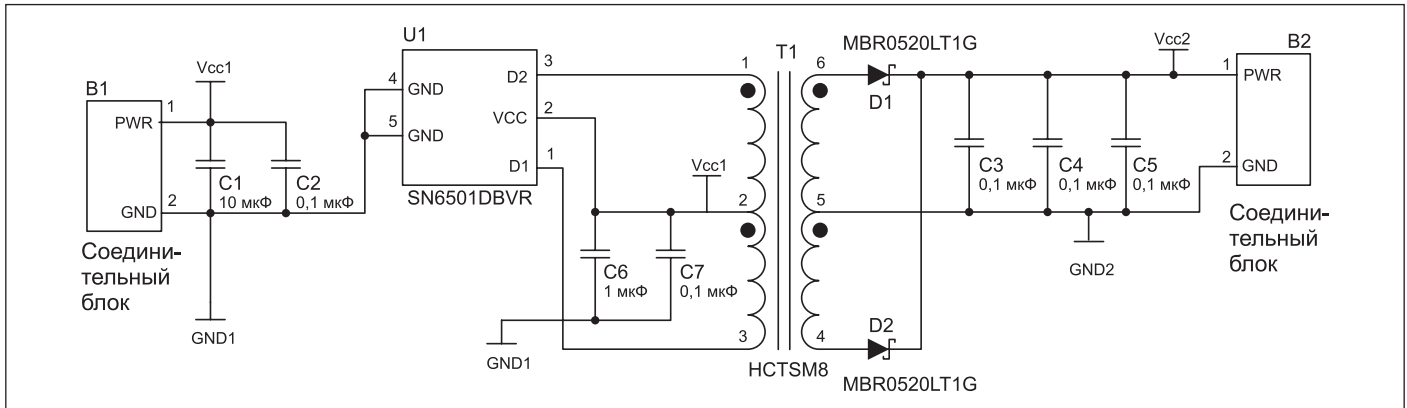


Рис. 3. Схема 1

### Процедура тестирования

Схема тестирования показана на рис. 4–5. Установка соответствует стандарту CISPR 25. Линейный источник питания подает напряжение 5 В. В каждой из линий питания установлено по одному эквиваленту сети. Для согласования с импедансом возвратного порта эквивалента

сети используется 50-Ом нагрузка, а шум другого эквивалента в линии питания измеряется анализатором спектра. К ИУ подключена резистивная нагрузка 100 Ом. Перед включением питания сканируются помехи окружающей среды, а затем осуществляются измерения пиковых уровней. С требованиями стандарта сравниваются наибольшие амплитуды гармоник.

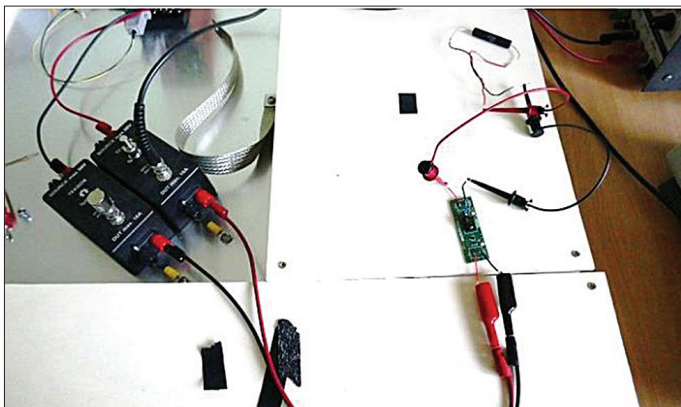


Рис. 4. Эквиваленты сети и испытуемое устройство в установке для измерения кондуктивного излучения

### Результаты тестирования

Результаты измерения пиковых значений показаны на рис. 5 кривой красного цвета, а синяя кривая отображает измеренные средние величины. Заметим, что для анализа был выбран стандарт CISPR 25 Class 5. Зеленая линия на графике устанавливает предельный квазипиковый уровень для конкретной полосы частот, а синяя линия – предельный уровень средних значений для конкретной полосы частот. Результаты измерения пиковых значений и предельные уровни квазипиковых значений обсуждаются далее.

### Результаты измерения кондуктивных помех

Частотная характеристика кондуктивных помех трансформатора HCTSM80304BAL показана на рис. 6. Ее необходимо получить перед тестированием. При наличии гармоник с большой амплитудой испытательное устройство вычитает их из всех измеренных результа-

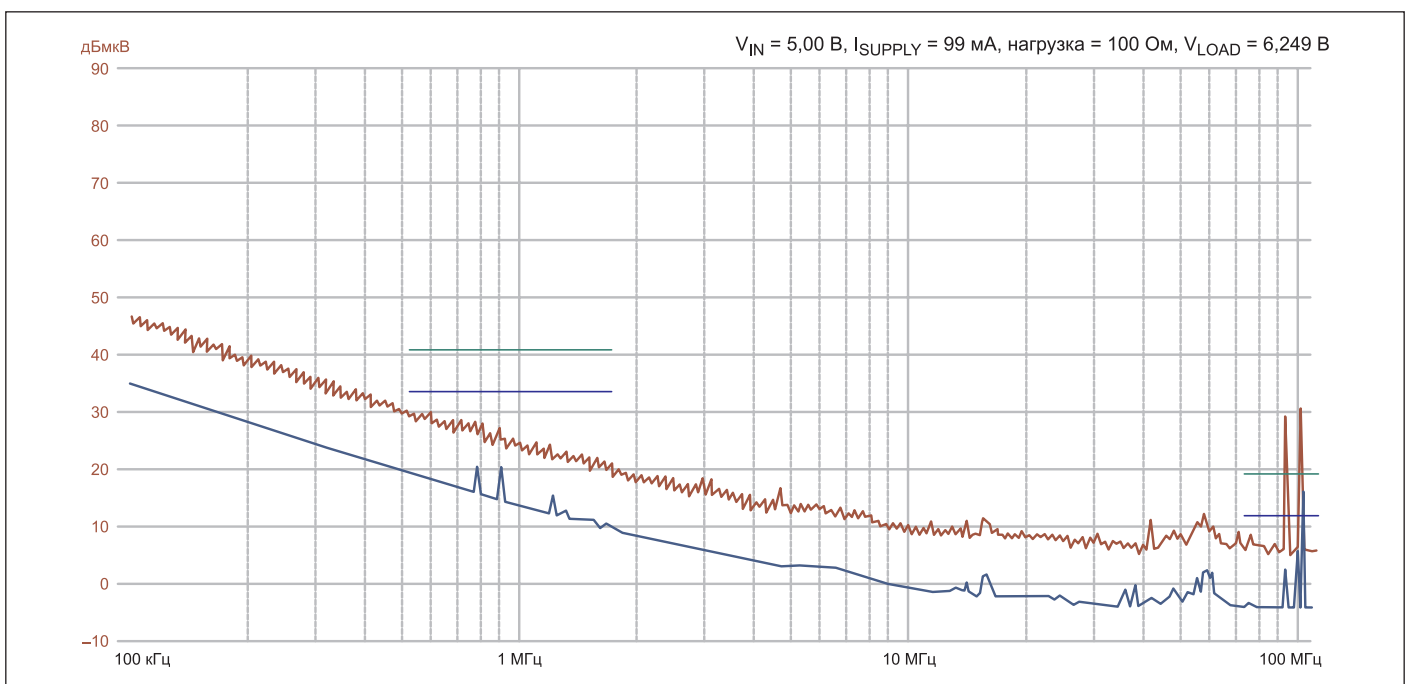


Рис. 5. Результаты сканирования помех окружающей среды

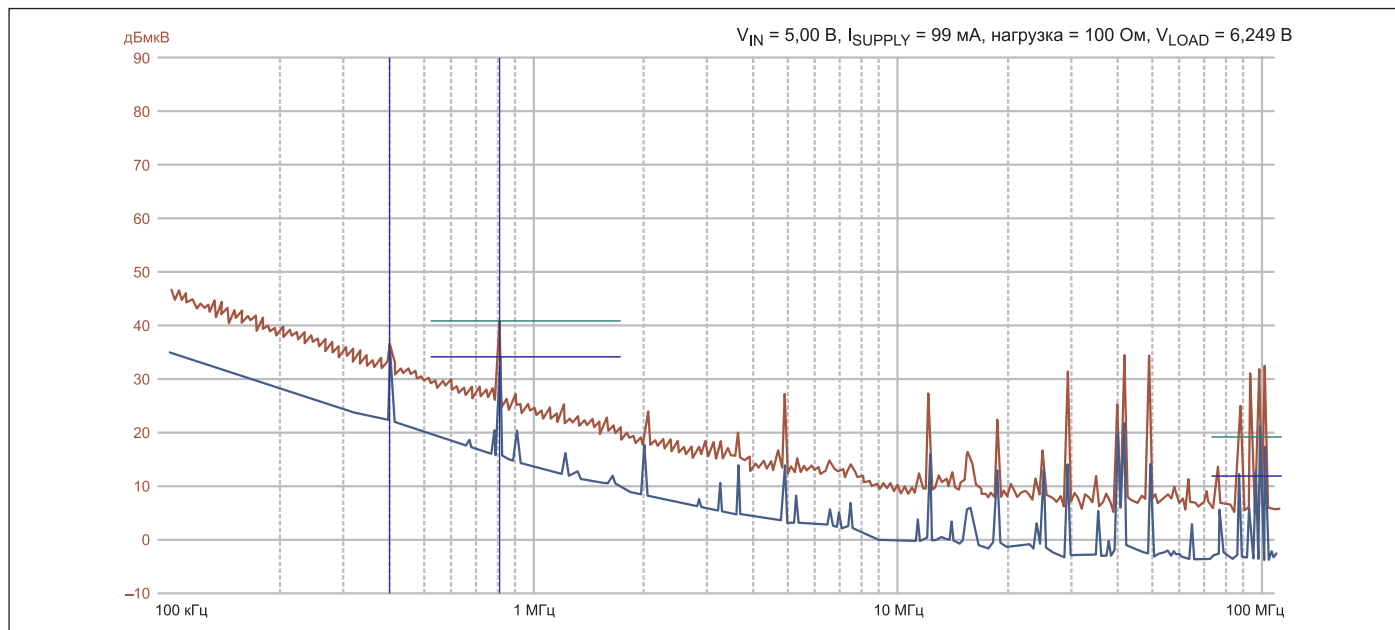


Рис. 6. Результаты измерения кондуктивных помех трансформатора HCTSM80304BAL Схема 1

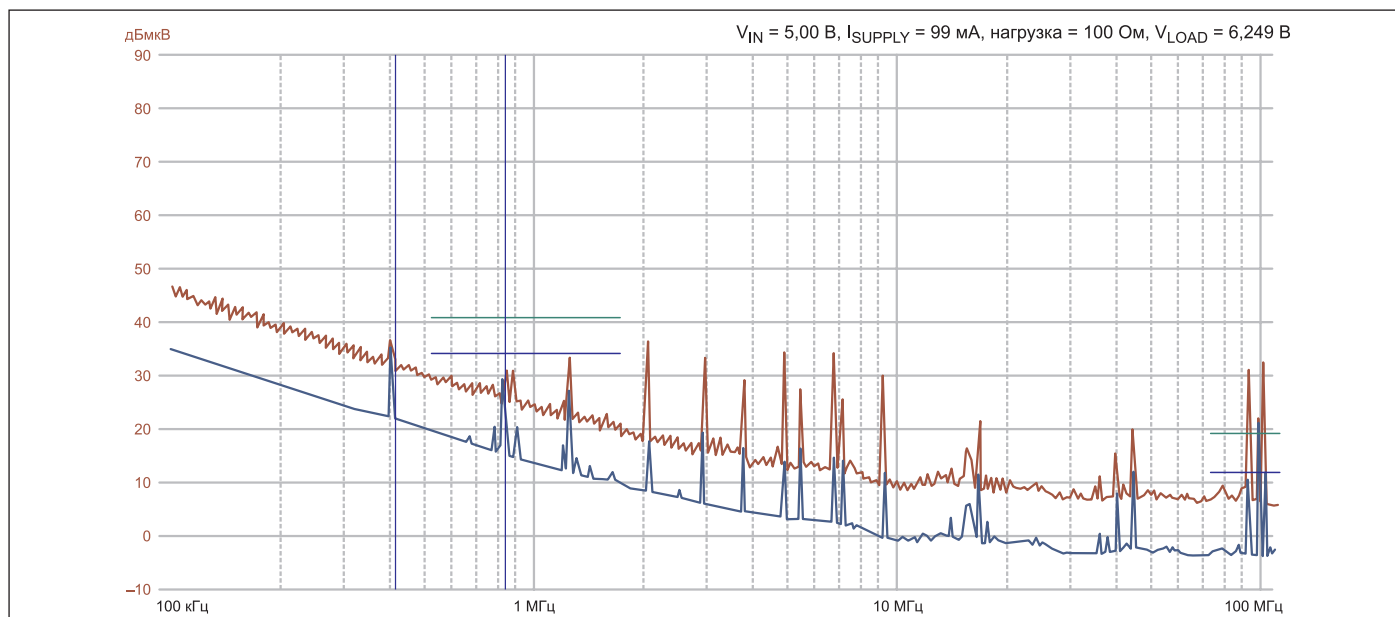


Рис. 7. Результаты измерения кондуктивных помех трансформатора HCTSM80803AAL

тов. Измерения проводились при следующих значениях параметров:  $V_{IN} = 5,00$  В,  $I_{SUPPLY} = 99$  мА, нагрузка = 100 Ом,  $V_{LOAD} = 6,249$  В.

На рис. 7 показаны результаты измерения электромагнитных помех трансформатора Vourns HCTSM80304BAL. Коммутационная частота: 420 кГц. Следовательно, на частоте 840 кГц, которая кратна частоте переключения, у гармоники — большая амплитуда. В диапазоне 1–10 МГц отсутствует сигнал, вызывающий сбои. На частоте 100 МГц вычитается большая пиковая амплитуда гармоники, если она присутствует в результатах сканирования помех окружающей среды. Измерения проводились при следующих значениях параметров:  $V_{IN} = 5,00$  В,  $I_{SUPPLY} = 18$  мА, нагрузка = 100 Ом,  $V_{LOAD} = 1,632$  В.

На рис. 7 представлены результаты измерения электромагнитных помех трансформатора HCTSM80803AAL. На частоте 840 кГц наблюдается большая амплитуда гармоники, которая кратна основной частоте, что превышает предельное квазипиковое значение 41 дБмкВ. В диапазоне 1–10 МГц сбои отсутствуют. На частоте 100 МГц вычитается

большая пиковая амплитуда гармоники, если она присутствует в результатах сканирования помех окружающей среды.

## Выводы

Разработчикам силовых DC/DC-преобразователей требуется такая схема, которая не только обеспечивает необходимую мощность и эффективность при конкурентоспособной стоимости, но и соответствует всем применимым нормам электромагнитной совместимости. Мы представили краткий обзор требований к ЭМС, в т. ч. описали испытания, проведенные компанией Vourns с использованием изолированного 5-В решения на основе трансформатора HCTSM8 от Vourns и микросхемы драйвера SN6501 компании TI. Результаты испытаний свидетельствуют о том, что комбинация драйвера SN6501 и решения HCTSM8 обеспечивает соответствие стандартам и позволяет в конечном итоге сократить время вывода продукции на рынок. ■