

ИЗОЛИРОВАННЫЕ DC/DC-КОНВЕРТЕРЫ TVN 5WI С УЛЬТРАНИЗКИМИ ШУМАМИ ПРОИЗВОДСТВА TRACO ELECTRONIC AG

TRACO POWER



Свыше 35 лет швейцарская фирма Traco Electronic AG занимается разработкой и производством различных источников электропитания. В линейке продукции компании насчитывается несколько сотен наименований, что позволяет наиболее оптимальным образом выбрать конвертер, необходимый для конкретной разработки.

Изделия Traco Electronic характеризуются повышенной надежностью и расширенными техническими возможностями. Одной из последних разработок фирмы является серия маломощных изолированных 5-ваттных DC/DC-преобразователей TVN 5WI, изготовленных в полностью металлических корпусах DIP-24. Эта серия отличается ультранизким уровнем шумов — 10 мВ (от пика до пика), а также широким (4:1) диапазоном входных напряжений.

Шумы изолированных DC/DC-конвертеров

Импульсные DC/DC-конвертеры подразделяются на два больших класса: изолированные преобразователи постоянного тока (insulated switching DC-DC converter) и неизолированные преобразователи постоянного тока (non-isolated switching DC-DC converter). В изолированных DC/DC-конвертерах силовая и управляющая части гальванически развязаны. У неизолированных DC/DC-конвертеров такой развязки нет.

Упрощенная структурная схема импульсного изолированного прямоходового понижающего DC/DC-конвертера (forward insulated switching DC-DC buck converter) показана на рис. 1 [1] и наиболее точно соответствует структуре DC/DC-конвертера TVN 5WI.

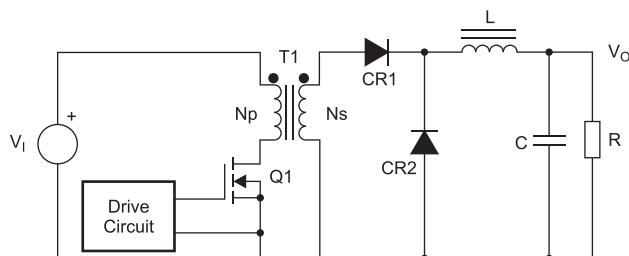


Рис. 1. Упрощенная структурная схема импульсного изолированного прямоходового понижающего DC/DC-конвертера

Принцип работы такого преобразователя хорошо известен. В схеме прямоходового конвертера реализована гальваническая развязка входного и выходного каскадов. Входное напряжение V_1 подается через обмотку трансформатора на МОП-транзистор Q1. Переключающий MOSFET-транзистор в классической схеме DC/DC-конвертера управляется с помощью подачи на его затвор прямоугольных импульсов. Режим работы транзистора в схеме, показанной на рис. 1, задается драйвером Drive circuit. При открытии транзистора Q1 по первичной обмотке трансформатора N_p начинает протекать ток, который наводит ЭДС индукции во вторичной обмотке трансформатора N_s . При этом через диод CR1 и индуктивность L течет ток, заряжающий конденсатор C.

Когда транзистор VT закрывается, ток через первичную обмотку трансформатора N_p начинает уменьшаться. Вследствие чего напряжение на вторичной обмотке трансформатора N_s приобретает обратную полярность и диод CR1 запирается.

Конденсатор C будет разряжаться, и ток через индуктивность L пойдет по контуру L-CR2-R. Рабочим является прямой ход преобразователя, благодаря которому он получил свое название. Контролируя с помощью драйвера длительность закрытого и открытого циклов работы транзистора и подбирая соответствующие значения номиналов индуктивности, емкости и нагрузки второго каскада, можно получить на выходе конвертера необходимое напряжение.

Реальные схемы DC/DC-конвертеров много сложнее. Так, для отдачи энергии, накопленной в магнитопроводе трансформатора в течение прямого хода, используется допол-

нительная размагничивающая обмотка, у которой число витков равно числу витков первичной обмотки. Размагничивающая обмотка подключается к источнику питания через диод. Для контроля выходного тока применяются специальные схемы, пропорционально уменьшающие выходное напряжение и обеспечивающие квазирезистивный режим работы выходного каскада. Эти и другие методы позволяют значительно повысить эффективность конвертера. Более подробно теория работы импульсных DC/DC-конвертеров рассмотрена в работе [1].

Одна из проблем, с которой сталкиваются разработчики высокочувствительного, прецизионного измерительного оборудования, а также высококлассной аудио- и видеотехники, связана с вопросом шумов на выходе импульсных DC/DC. На выходе импульсного DC/DC с подключенной нагрузкой сигнал выглядит в виде полосы высокочастотного сигнала, а не как прямая тонкая линия, ожидаемая для идеального случая. На рис. 2 показан спектр шума на нагрузке импульсного DC/DC-конвертера с частотой переключения 280 кГц [2].

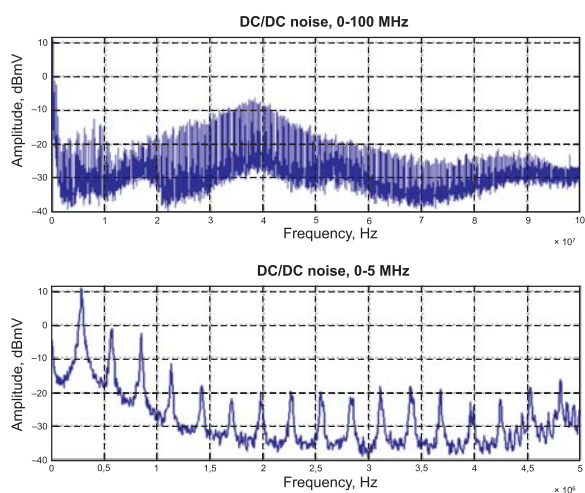


Рис. 2. Спектр шума на нагрузке импульсного DC/DC-конвертера с частотой переключения 280 кГц

Этот высокочастотный сигнал называют generated noise — «наведенный шум». Уровень шумов DC/DC характеризуется величиной Reflected Ripple Current (RRC) — «отраженный ток помех».

Основные источники шумов импульсных DC/DC-конвертеров обусловлены следующими причинами [1]:

- наводки на базовой частоте переключения импульсного преобразователя;
- высокочастотные наводки по паразитным индуктивным линиям;
- наводки в переходных процессах на переключающих элементах;
- низкочастотные наводки в DC/DC-конвертерах с режимом пульсирующего тока;
- наводки на частоте биений;
- наводки по входным цепям преобразователя;
- наводки, генерируемые одновременным переключением нескольких логических и силовых компонентов.

Наводки, связанные с основной частотой переключения импульсного преобразователя (Switching Frequency Noise, SFN),

преобладают в суммарном спектре шумов импульсного преобразователя. Поскольку частота этого типа наводок точно известна, их можно эффективно удалять с помощью достаточно простых методов, таких, например, как LC-фильтр и линейный регулятор напряжения.

Прямоугольные импульсы, управляющие переключающим MOSFET-транзистором, обуславливают высокие скорости нарастания тока di/dt . Эти броски тока вызывают провалы напряжения через паразитные индуктивности, которые проявляются в форме высокочастотных флуктуаций напряжения на выходе конвертера. Эти шумы получили название Switching Transition Noise (STN). Согласно [2] 3 см проводника современной печатной платы соответствуют паразитной индуктивности около 20 нФ. Для современных DC/DC-конвертеров время нарастания фронта тока равно примерно 30 нс. Поэтому на выходе конвертера, рассчитанного на работу с токами 5 А, величина наводок типа STN может достигать единиц вольт. Таким образом, единственным способом снижения STN является минимизация паразитных индуктивностей.

Затухающие колебания на коммутационном узле, возникающие после переключения, обуславливают шумы, которые часто называют «звон напряжения» (voltage ringing). Основной причиной звона являются нелинейные переходные процессы, вызванные паразитными емкостями и индуктивностями. Для борьбы со звоном используются активные и пассивные демпферы, а также различные варианты схем с фиксацией уровня (clamp circuitry). Пассивные схемы просто поглощают энергию звона и рассеивают ее в виде тепла. Активные схемы возвращают энергию звона в конвертер и тем самым увеличивают эффективность преобразования. В изолированных DC/DC-конвертерах с трансформаторной развязкой для снижения этого типа шумов пассивные демпферы достаточно часто устанавливаются как в первичной, так и во вторичной цепи обмотки.

Аналогичные наводки наблюдаются и в синхронных понижающих импульсных DC/DC-конвертерах, действующих в режиме энергосбережения. В этом случае при малой нагрузке управляющий контроллер неактивен, вследствие чего MOSFET находится в выключенном состоянии. Конвертеры, в которых ток через индуктивность идет постоянно, не падая до нуля (current conduction mode CCM), могут переходить в режим DCM при использовании энергосберегающей опции с малой нагрузкой. Для борьбы с этим типом шумов предназначены сглаживающие фильтры и демпферы.

В сложных электронных устройствах с распределенным питанием предусмотрено несколько DC/DC-конвертеров с различными выходными напряжениями. В результате наложения нескольких наводок, обусловленных управляющими частотами от таких конвертеров, возникают низкочастотные наводки, получившие название «наводки на частоте биений» (beat frequencies). Поскольку такие диапазоны перекрываются, то два частотных пика могут накладываться один на другой, вызывая дополнительный шум на низкой частоте. Причем это могут быть колебания в аудиодиапазоне, вызывающие неприятное гудение, сопровождающее работу конвертера. Наиболее эффективный способ борьбы с биениями заключается в синхронизации одной частотой всех конвертеров, одновременно работающих в системе электропитания. Если при этом использовать сдвиг фаз, можно организовать переключение отдельных конвертеров в разные моменты времени. В таком случае шумы на частоте биений не будут генерироваться.

Шумы на входных и выходных клеммах DC/DC-конвертеров часто именуют кондуктивными (Conducted Noise). Различают синфазные и дифференциальные шумы. Синфазные шумы, или, как их еще называют, симметричные шумы, присутствуют на входе и выходе конвертера. Один из наиболее эффективных способов борьбы с синфазными шумами заключается в отводе этого типа наводок с помощью низкоимпедансной линии (Common Mode Choke). Поскольку синфазные шумы содержат большей частью высокочастотные гармоники основной частоты преобразования, для фильтрации этих наводок целесообразно подключить емкость между отрицательными клеммами входа и выхода конвертера. Другой способ — использование специальных симметричных дросселей, у которых имеется две или три обмотки, намотанные в противоположных направлениях.

В классе несимметричных наводок различают дифференциальные шумы на входе и дифференциальные шумы на выходе. Эти виды шумов обычно удаляют с помощью LC-фильтров. Однако нужно учитывать, что индуктивность сама по себе может стать источником дополнительных наводок.

В устройствах, в которых необходимы особо низкие уровни наводок, используются сложные комплексные схемы, сочетающие указанные выше методы.

Более подробную информацию о способах борьбы с наводками и шумами импульсных DC/DC-конвертеров можно найти в работах [2–5].

Технические характеристики DC/DC-конвертеров серии TRACOPOWER TVN 5WI

Одной из последних разработок фирмы Traco Electronic AG является серия изолированных 5-ваттных DC/DC-преобразователей с низким уровнем шумов (10 мВ от пика до пика) — TVN 5WI. Она изготовлена в полном соответствии со стандартом EN55022 class B. Конвертеры действуют с частотой переключения 300 кГц (PWM) [6].

Стандарт EN55022, разработанный европейским комитетом European International Special (des Perturbations Radioelectriques CISPR), определяет допустимый предельный уровень электромагнитного излучения для двух классов: А и В.

Изделия, соответствующие классу А, в бытовых условиях могут вызывать радиопомехи. Поэтому при эксплуатации такого оборудования пользователь обязан принять необходимые меры ограничения электромагнитного излучения.

Устройства класса В разрешается использовать в жилых помещениях. На рис. 3 показана зависимость уровня излучаемого сигнала, регламентированная стандартом EN55022 class B.

Таким образом, на сегодня новые DC/DC-конвертеры серии TVN 5WI являются оптимальным решением для блоков электропитания, предназначенных для бытовой аудио- и видеоаппаратуры, систем пожарной и охранной сигнализации, а также иных аналогичных изделий.

Модули серии TVN 5WI могут быть использованы и в других распределенных системах электропитания с уровнями напряжений промежуточной шины 24 или 48 В (SELV или TNV).

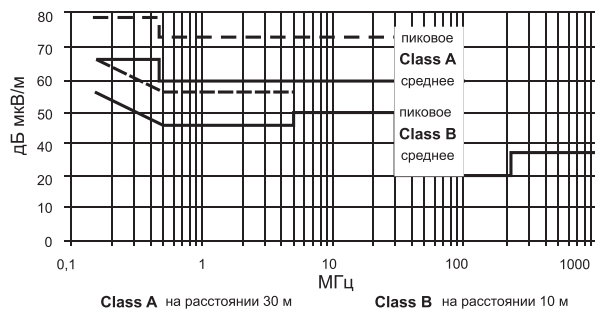


Рис. 3. Зависимость уровня излучаемого сигнала, регламентированная стандартом EN55022 class B

Характерные особенности DC/DC-конвертеров серии TVN 5WI:

- широкий диапазон входных напряжений: от 9 до 36 В и от 18 до 75 В;
- широкий диапазон выходных напряжений: от 3,3 до ±24 В;
- максимальный ток при выходном напряжении 3,3 В: 1,5 А;
- ультранизкий уровень шумов при максимальном токе нагрузки: меньше 10 мВ (пик-пик) в полосе 20 МГц;
- защита от перегрузки по напряжению и току;
- защита от короткого замыкания и перегрева;
- удаленное включение и выключение (номинальное время срабатывания при резистивной нагрузке 50 мс);
- точная регулировка выходного напряжения;
- встроенный входной фильтр в соответствии с EN55022, class B;
- расширенный диапазон рабочих температур: от –40 до +85 °С (максимальная температура корпуса 105 °С);
- напряжение пробоя изоляции между входным и выходным каскадами: 1500 В;
- сопротивление изоляции: более 1 ГОм;
- емкость изоляции: 1200 пФ;
- неограниченное минимальное значение сопротивления нагрузки;
- гарантия: 3 года.

В состав серии входят 18 модулей, рассчитанных на работу с разными входными и выходными напряжениями. Технические характеристики модулей серии TVN 5WI приведены в таблице 1. Погрешность номинальных значений выходного напряжения, указанных в таблице 1, не превышает 1%.

Отдельные дискретные элементы конвертера смонтированы на печатной плате, размещенной в полностью закрытом металлическом корпусе конструктива DIP-24. Материал корпуса, изготовленный по специальной технологии с использованием сплавов электролитической меди, обеспечивает надежное экранирование электромагнитного излучения. Внутренний объем конвертеров заполнен термостойким пластиком UL94V-0. Габаритные размер всех моделей серии составляют 32×20×10,2 мм. Вес — 14,8 г.

Внешний вид конвертеров серии TVN 5WI показан на рис. 4.

Входы, выходы и управляющие линии выполнены в виде металлических штырьков диаметром 1 мм и длиной 4,5 мм. Выходы размещены на нижней стороне корпуса конвертера,

Таблица 1. Технические характеристики модулей серии TVN 5WI

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Выходной ток, max, мА	Эффективность, %
TVN 5-2410WI	9–36 В (номинал 24 В)	3,3	1515	80%
TVN 5-2411WI		5,0	1000	83%
TVN 5-2412WI		12	416	86%
TVN 5-2413WI		15	333	86%
TVN 5-2415WI		24	208	86%
TVN 5-2421WI		±5	±500	84%
TVN 5-2422WI		±12	±208	85%
TVN 5-2423WI		±15	±166	86%
TVN 5-2425WI		±24	±104	87%
TVN 5-4810WI	18–75 В (номинал 48 В)	3,3	1515	80%
TVN 5-4811WI		5,0	1000	83%
TVN 5-4812WI		12 В	416	85%
TVN 5-4813WI		15 В	333	86%
TVN 5-4815WI		24 В	208	88%
TVN 5-4821WI		±5 В	±500	83%
TVN 5-4822WI		±12 В	±208	85%
TVN 5-4823WI		±15 В	±166	86%
TVN 5-4825WI		±24 В	±104	86%



Рис. 4. Внешний вид DC/DC-конвертера TVN 5-2411WI (U_{вх} 9–36 В; U_{вых} 5 В; I_{вх} 1 А)

в два ряда по периметру, на расстояниях 15,2 мм между рядами и 2,55 мм между выводами.

Назначение выводов DC/DC-конвертеров серии TVN 5WI приведено в таблице 2.

Все модели серии имеют выводы для удаленного включения/выключения. Включение реализуется импульсным сигналом, в зависимости от модели в диапазоне от 3,0 до 12 В. Выключение осуществляется с помощью импульса с амплитудой в диапазоне от 0 до 2,9 В. Выключить модуль можно также с помощью закорачивания выводов 22 и 23.

Конвертеры не должны работать продолжительное время в тех случаях, когда входное напряжение превышает области пороговых значений. Поэтому преобразователи серии TVN 5WI имеют встроенные схемы выключения, срабатывающие для 24-В модулей при падении напряжения ниже 8,5 В, а для 48-В модулей при напряжении ниже 16 В. Если напряжение на входе выше указанных параметров, конвертеры работают в соответствии с параметрами, указанными в таблице 1.

Входной ток для всех конвертеров этой серии при отсутствии нагрузки имеет типовое значение 7 мА.

Подключение подстроечного резистора на выходе конвертеров дает возможность регулировать значения выходного

Таблица 2. Назначение выводов DC/DC-конвертеров серии TVN5WI

Номер вывода	Однополярные конвертеры		Двухполярные конвертеры	
1	+V _{in} (V _{cc})			
2	+V _{in} (V _{cc})			
3	Case			
10	No pin		Common	
11	No pin		+V _{out 1}	
12	Case			
13	TRIM			
14	-V _{out}		-V _{out 2}	
15	+V _{out}		Common	
22	Remote On/Off			
23	-V _{in}			
24	-V _{in}			

напряжения в пределах ±10% от номинального значения напряжения. Схемы подключения подстроечных резисторов приведены в техническом описании [6].

Конвертеры серии TVN 5WI оснащены цепями защиты от короткого замыкания и перегрева. При восстановлении стандартных условий эксплуатации конвертер автоматически возвращается в нормальный режим работы.

Параллельно выходному каскаду в модулях этой серии включены быстродействующие ограничители выбросов напряжения для защиты как преобразователей, так и конечного оборудования потребителя. Однако необходимо учитывать, что подобная защита не предназначена для режимов постоянного превышения выходного напряжения. Защита срабатывает в тех случаях, когда в течение 1 с превышает значение 50 В для 24-В конвертеров и 100 В — для 48-В конвертеров.

При превышении выходного напряжения более чем на 135% от номинала (см. табл. 1) срабатывает дополнительная схема защиты и конвертер отключается.

Для защиты от электромагнитных наводок 48-В конвертеры серии TVN 5WI имеют встроенные фильтры, состоящие из двух включенных параллельно конденсаторов 4,7 мкФ/100 В.

Электростатическая защита данной серии соответствует стандарту EN 61000-4-2 (воздух ± 8 кВ, контакт ± 6 кВ).

Конвертеры серии TVN 5WI сохраняют полную работоспособность при нахождении во внешнем радиочастотном электромагнитном поле напряженностью до 20 В/м (EN 61000-4-3).

При скачкообразном увеличении нагрузки на 50% время релаксации составляет около 250 мкс. Если бросок нагрузки вызывает увеличение выходного тока более чем на 170% от номинала, срабатывает защита от перегрузки по току.

Таблица 3. Номиналы емкостей выходной нагрузки для различных моделей конвертеров серии TVN 5WI

Выходное напряжение, В	Емкость нагрузки, мкФ
3,3	2200
5,0	1000
12	220
15	150
24	100
± 5	680 (каждый выход)
± 12	150 (каждый выход)
± 15	150 (каждый выход)
± 24	100 (каждый выход)

Конвертеры серии TVN5WI могут работать на емкостную нагрузку. Номиналы емкостей выходной нагрузки для различных моделей конвертеров приведены в таблице 3.

Все конвертеры серии могут функционировать при повышенной влажности до 95%. Эти преобразователи устойчивы к внешним механическим воздействиям и сохраняют работоспособность при ударах и вибрациях, соответствующих стандарту MIL-STD-810F.

Конструкционные материалы конвертеров не содержат соединений свинца и удовлетворяют стандарту RoHS directive 2011/65/EU.

Области использования DC/DC-конвертеров серии TVN 5WI

При выборе DC/DC-конвертера для конкретного приложения достаточно трудно определить наиболее адекватную модель на основании только рекламной информации дистрибьюторов данного бренда. Разработчик должен сам сформировать набор параметров и характеристик, которые для его проекта являются приоритетными. Поэтому ниже перечислены только те области, в которых, по мне-

нию автора, использование конвертеров серии TVN 5WI является наилучшим вариантом.

Из отмеченных выше характерных особенностей DC/DC-конвертеров серии TVN 5WI следует, прежде всего, подчеркнуть следующее: соответствие стандарту EN55022 class B, два базовых расширенных диапазона входных напряжений от 9 до 36 В и от 18 до 75 В (номинал 48 В); 18 моделей с различными выходными напряжениями, ультранизкий уровень шумов для каждого из устройств.

Подобный набор преимуществ не представлен в настоящее время у других производителей DC/DC-конвертеров, поэтому можно говорить о том, что сегодня серия является уникальной.

Область применения каждой из моделей определяется условиями эксплуатации, входными и выходными напряжениями, мощностью и допустимым уровнем шумов. Сразу следует выделить магистральное направление использования DC/DC-конвертеров серии TVN 5WI — это эксплуатация внутри жилых помещений, разрешенная стандартом EN55022 class.

Таким образом, можно говорить о том, что изолированные DC/DC-конвертеры серии TVN 5WI предназначены для использования во вторичных сетях электропитания SELV (Safe Extra Low Voltage — 12, 24 В), а также в сетях электропитания телекоммуникационных систем (Telecommunications Network Voltage, TNV — 48 В), расположенных внутри жилых помещений. При этом конвертеры серии TVN 5WI могут быть задействованы как в системах электропитания отдельных устройств, например в аудио-, видеооборудовании, так и в маломощных системах с распределенным электропитанием (СПЭ). В системах СПЭ напряжение центральной шины фильтруется и распределяется через изолированные DC/DC-конвертеры TVN 5WI на промежуточные шины, расположенные на системных платах рядом с обслуживаемой ими нагрузкой. Далее напряжение промежуточной шины преобразуется в напряжение питания, необходимое для конечного устройства, с помощью неизолированных POL-конвертеров (Point of Load).

Одной из приоритетных областей использования конвертеров серии TVN 5WI могут быть сети датчиков пожарной и охранной сигнализации, системы датчиков радиационного контроля, аварийные системы контроля содержания вредных веществ в воздухе жилых помещений и другие аналогичные системы.

Необходимо отметить, что только совокупность отмеченных выше преимуществ позволяет автору статьи рекомендовать конвертеры серии TVN 5WI российским разработчикам для использования в данных приложениях.

Параметры, приведенные в таблице 1, помогают выбрать из восемнадцати моделей конвертер, наилучшим образом соответствующий конкретной разработке по входным, выходным напряжениям и току.

Для того чтобы определить, удовлетворяет ли выбранная модель конвертера требованиям по шумам, можно воспользоваться техническими характеристиками конечного устройства, на которое подается питание.

В большинстве из отмеченных выше областей использования конвертеры серии TVN 5WI рекомендуется применять для питания входных каскадов, состоящих, как правило, из предварительного усилителя и АЦП.

Для того чтобы АЦП или аудиокодек обеспечивал гарантируемые параметры, необходим конвертер с малыми уровнями шумов. При увеличении уровня шума на выходе конвертера уменьшается отношение сигнал/шум на АЦП, что может проявиться в возникновении ложных кодов и срабатываний исполнительного устройства. Уровень шумов и помех АЦП, приведенный к входу, должен быть менее 1/2 единицы младшего значащего разряда.

Теоретическое отношение сигнал/шум идеального N-разрядного АЦП можно оценить по формуле:

$$\text{SNR} = 6,02N + 1,76 \text{ дБ.}$$

Уровень допустимого шумового сигнала на выходе АЦП позволяет оценить величину коэффициента ослабления нестабильности питания конвертера. В качестве примера на рис. 5 показана зависимость коэффициента ослабления нестабильности питания от частоты шумового сигнала [7].

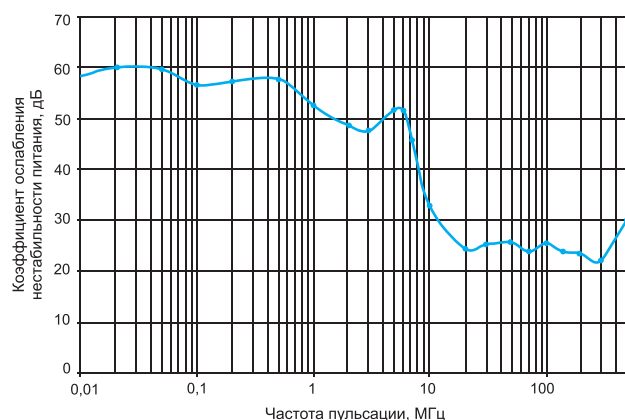


Рис. 5. Зависимость коэффициента ослабления нестабильности питания АЦП от частоты пульсаций

Коэффициент ослабления нестабильности питания обычно приводится в технической документации на АЦП. Поэтому разработчик легко может выбрать необходимый источник питания для конкретного АЦП. Так, на рис. 5 показано, что коэффициент ослабления нестабильности питания АЦП на частоте 300 Гц будет равен 57 дБ. При максимальном диапазоне входного сигнала АЦП, равном 4 В (от пика к пику), и напряжении на его входе, равном 10 мВ (от пика к пику), отношение входного напряжения к максимальному составит минус 52 дБ. Если напряжение пульсаций источника питания составляет 10 мВ, то его отношение к максимальному напряжению на входе АЦП, с учетом коэффициента ослабления нестабильности питания АЦП от частоты пульсаций, показывает, что DC/DC-конвертер с уровнем шумов 10 мВ можно использовать для данного типа АЦП.

Аналогичный подход применяется и для оценки адекватности шумовых характеристик DC/DC-конвертера, используемого для питания операционного усилителя (ОУ). Напряжение питания определяет рабочую точку входного каскада ОУ. Поскольку практически всегда существует рассогласование параметров в дифференциальной паре входного ка-

скада, то происходит изменение напряжения смещения, которое усиливается ОУ, что в свою очередь приводит к изменению выходного напряжения.

Выяснить, насколько шумы DC/DC-конвертера будут влиять на работу ОУ, можно с помощью коэффициента подавления пульсаций (нестабильности) напряжения питания (PSRR, или kSVR), что определяется как отношение изменения напряжения питания к вызванному им изменению напряжения смещения нуля ОУ. Эта информация должна быть приведена в технической документации на ОУ. Алгоритм вычисления коэффициента подавления пульсаций напряжения питания практически совпадает со схемой определения коэффициента ослабления синфазного сигнала (CMRR). Поэтому коэффициент подавления пульсаций напряжения питания ОУ указывают в технической документации в группе параметров по постоянному току.

В тех случаях когда нет информации об эффективности подавления шумов источника питания для какого-либо устройства, целесообразно воспользоваться экспериментальными данными. С этой целью, как правило, анализируется выходной сигнал при закороченном на «землю» входе.

Заключение

Приведенный в статье краткий обзор новой серии изолированных DC/DC-конвертеров серии TVN 5WI позволяет разработчикам обосновать свой выбор при решении конкретной задачи обеспечения питанием аудио-, видео-, охранных и пожарных систем, расположенных внутри жилых помещений.

Для конкретной разработки приоритетными будут одни параметры, а в другом случае эти параметры будут играть второстепенную роль. Автор надеется, что данная статья поможет выбрать среди представленных конвертеров ту единственную модель, которая обеспечит наилучший результат проектирования.



Литература

1. Understanding BuckPower Stages in Switchmode Power Supplies. www.ti.com/lit/an/slua057/slua057.pdf
2. www.axotron.se/index_en.php?page=40
3. Dostal F. Analog Devices, Munich, Germany. Reducing Noise Generated By Switching Regulators. www.how2power.com/newsletters/1512/articles/H2PToday1512_design_AnalogDevices.pdf?NOREDIR=1
4. www.aimtec.com/site/Aimtec/files/documents/ApplicationNotes/a016e%20-%20reduction%20of%20output%20ripple%20&%20noise.pdf
5. Стив Р. Решения проблемы пульсаций и помех DC/DC-преобразователей: входная и выходная фильтрация // Компоненты и технологии. 2015. № 8.
6. www.tracopower.com/products/tvn5wi.pdf
7. Cobb M. Guidelines for Supplying Power to High Speed ADCs. www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/Guidelines%20for%20Supplying%20Power%20to%20High%20Speed%20ADCs_6_2011.pdf