

Новые изделия фирмы Interpoint:

DC/DC-преобразователи для специальных применений

Новые модели DC/DC-преобразователей американской фирмы Interpoint (www.interpoint.com) предназначены для применения в системах авиационно-космического и космического назначения. В статье приводятся их основные технические характеристики, перечислены стандарты, требованиям которых соответствуют эти изделия.

Виктор Жданкин

victor@prosoft.ru

В последнее время за рубежом и в нашей стране наблюдается развитие модульного направления источников вторичного электропитания (ИВЭП) для различных образцов радиоэлектронной аппаратуры [1]. Широкое внедрение в практику модульных принципов построения радиоэлектронных средств военного и специального назначения является основой создания современной номенклатуры ИВЭП, так как унификация позволяет быстро создавать специальную аппаратуру и сокращать сроки сдачи систем электропитания.

В настоящее время наиболее востребованными радиоэлектронной аппаратурой (РЭА), размещаемой на объектах наземной (стационарной и подвижной), морской, авиационной и космической техники, являются электронные модули электропитания с выходной мощностью 1,5–120 Вт, частотой преобразования более 200 кГц (360–675 кГц) и КПД 80–88%. При этом современные тенденции развития систем электрооборудования автономных объектов показывают, что только постоянное напряжение 27 В обязательно для всех типов самолетов, так как оно обеспечивает электропитание особо важных потребителей и аварийное [2].

На современном этапе создание новых военных и космических систем не обеспечено в полной мере отечественными электрорадиоизделиями (ЭРИ) и модулями, хотя в этом направлении за последние три года и достигнуты определенные успехи. Это вынуждает разработчиков РЭА для обеспечения заданных тактико-технических характеристик применять ЭРИ и модули электропитания иностранного производства. Использование элементной базы иностранного производства в вооружении и военной технике в рамках установленных требований и процедур вполне допустимо (в России порядок применения импортной техники регламентирует приказ министра обороны № 41 от 23.01.2001 г. «О порядке применения импортной комплектации в изделиях военной техники»). Применение в военной и специальной аппаратуре любой из развитых стран мира комплектующих изделий иностранного производства — не редкость.

Необходимо также отметить, что принципиально невозможно производить конкурентоспособные на внутреннем и зарубежном рынке модули электропитания высокого качества в небольших количествах. Только серийное, достаточно крупное производство способно оптимизировать высококачественную технологию.

Фирма Interpoint (www.interpoint.com), которая в настоящее время является подразделением корпорации CRANE Aerospace & Electronics, с 1969 года занимается разработкой и производством высоконадежных изделий энергетической электроники для военных, авиационно-космических и космических применений [3], а также микроэлектронных изделий медицинского назначения (вживляемые дефибрилляторы, кардиостимуляторы, слуховые устройства, нервные стимуляторы, а также насосы для подачи инсулина и других лекарств, вспомогательные системы для левого желудочка сердца и др.).

Центр по снабжению Министерства обороны США в Колумбусе (Defense Supply Center, Columbus — DSCC; www.dsc.dla.mil) сертифицировал производственные мощности фирмы Interpoint как отвечающие требованиям спецификаций MIL-PRF-38534 «Performance Specification, Hybrid Microcircuits, General Specification For» Class K для производства DC/DC-преобразователей и помехоподавляющих фильтров для применений в бортовой аппаратуре космических аппаратов.

Необходимо заметить, что Class K является наивысшим уровнем надежности, который принят DSCC, и представляет собой более высокую ступень по отношению к уровню Class H (стандартный уровень качества для аппаратуры военного назначения). Требования к устройствам Class K включают в себя проверки конструктивного решения и производственного процесса, отбора компонентов, обучение персонала и проведение серии испытаний изделий для применения в бортовых устройствах космических аппаратов (КА). Помимо сертификации, соответствующей Class K, Interpoint гордится внесением фирмы в список предпочтительных поставщиков NASA/Goddard PPL-21 (Preferred Parts List).

Другими свидетельствами признания компании и качества ее изделий являются внесение Interpoint в квалификационный перечень производителей (Qualified Manufacturers List — QML) по MIL-PRF-38534 и сертификация по ISO 9001. Перечень стандартов, требованиям которых отвечает производство Interpoint, приведен в таблице 1.

В данной статье представлены перспективные модули DC/DC-преобразователей для военных применений и радиационно-стойкие модули для космических применений фирмы Interpoint, поставки которых начнутся в 2005–2006 годах. Совре-

Таблица 1. Квалификация производства фирмы Interpoint

Стандарт	Соответствие
MIL-PRF-38534, Class H и Class K	Сертифицировано DSCC
ISO 9001	Сертифицированы производственные мощности в США и на Тайване
MIL-STD-975	Соответствует с ограничениями
MIL-I-45208	Соответствует
MIL-Q-9858	Interpoint следует требованиям этого стандарта по требованиям заказчиков
MIL-STD-45662	Соответствует
FED-STD-209	Соответствует
MIL-STD-481	Соответствует
DOD-STD-1686	Соответствует

менная номенклатура радиационно-стойких изделий энергетической электроники фирмы Interpoint, методы повышения эксплуатационной надежности этих изделий, в том числе и обеспечение стойкости к воздействию ионизирующих излучений, представлены в других работах автора [4, 5].

Новые стандартные изделия для военных применений

DC/DC-преобразователи серии MPE

DC/DC-преобразователи серии MPE по габаритным размерам (37,08×28,7×8,38 мм для исполнения без фланцев, 50,93×28,7×8,38 мм для исполнения с монтажными фланцами) и расположению выводов полностью идентичны изделиям популярной серии MHF+ (рис. 1). Для моделей с низковольтными выходными напряжениями и большими значениями тока нагрузки выводы корпуса имеют диаметр 1 мм. Вместо оптоэлектронной электрической изоляции (развязки) в цепи обратной связи применяется трансформатор. Преобразователи характеризуются большей выходной мощностью и КПД (до 88%) по сравнению с существующими моделями серии MHF+ и изделиями конкурентов. При этом зависимость КПД от нагрузки (выходной мощности и входного напряжения) является чрезвычайно плоской, то есть модули способны работать с максимальным КПД, рассеивать допустимую мощность, и их надежность близка к максимальному значению во всем диапазоне мощностей. Зависимость КПД от выходной мощности показана на рис. 2. Учитывая тенденцию по снижению напряжения питания, разработаны модели с выходными напряжениями 1,8 В (с возможностью понижения до 1 В). Режим мягкого восстановления напряжения позволяет исключить выход за установленные пределы при частом переходе в дежурный режим, перерыве в подаче питания или при перегрузке. Преобразователи характеризуются низким уровнем пульсации выходного напряжения: типовое значение составляет 0,5% от номинального напряжения (при измерении осциллографом с полосой до 20 МГц). В модулях серии MPE использована однотактная прямоходовая структура преобразователя с резонансным переключением. Это решение увеличивает эффективность использования силового трансформатора.

Перечень моделей DC/DC-преобразователей серии MPE представлен в таблице 2. Технические характеристики некоторых однонаканаль-

Таблица 2. Перечень моделей DC/DC-преобразователей серии MPE

Одноканальные модели серии MPE	Основные выходные характеристики	Статус
MPE281R8S	1,8 В; 10 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце января 2004 года
MPE282R5S	2,5 В; 12,5 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце января 2004 года
MPE283R3S	3,3 В; 15 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце января 2004 года
MPE2805S	5 В; 20 Вт	Опытные образцы изготовлены в сентябре 2003 года (переданы для оценки в компанию Northrop Grumman)
MPE2812S	12 В; 25 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце января 2004 года
MPE2815S	15 В; 25 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце января 2004 года
Двухканальные модели серии MPE	Основные выходные характеристики	Статус
MPE2805D	+5 В; 20 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце февраля 2004 года
MPE2812D	+12 В; 25 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце февраля 2004 года
MPE2815D	+15 В; 25 Вт	Опытные образцы изготовлены в конце февраля 2004 года

Таблица 3. Общие параметры для DC/DC-преобразователей серий MPE и MWR

Модель преобразователя	Серия MPE, однонаканальные и двухканальные	Серия MWR, трехканальные
Абсолютные максимальные значения параметров		
Входное напряжение	16...40 В	15...50 В
Рассеиваемая мощность	6 Вт	10 Вт
Выходная мощность	10...25 Вт	30...35 Вт
Температура при пайке со свинцовым припоем (10 с)	300 °C	300 °C
Температура хранения (основания корпуса)	-65...+150 °C	-65...+150 °C
Рекомендуемые рабочие условия		
Диапазон входных напряжений	16...40 В постоянного тока импульс напряжения 50 В в течение 1 с	15...50 В постоянного тока импульс напряжения 80 В в течение 1 с
Диапазон рабочих температур (основание корпуса)	-55...+125 °C, при 100% нагрузке -55...+135 °C, абсолютное значение	-55...+125 °C, при 100% нагрузке -55...+135 °C, абсолютное значение
Понижение номинального значения выходной мощности	Линейно от 100% мощности при +125 °C до 0% при +135 °C	Линейно от 100% мощности при +125 °C до 0% при +135 °C
Синхронизация и дистанционное вкл./выкл.		
Параметры сигнала внешнего синхронизирующего генератора	450...550 кГц Коэффициент заполнения импульсов 40% мин., 60% макс. Лог. 0 = 0,8 В макс. Лог. 1 = 5 В мин., 10 В макс.	300...360 кГц Коэффициент заполнения импульсов 40% мин., 60% макс. Лог. 0 = 0,8 В макс. Лог. 1 = 5 В мин., 10 В макс.
Дистанционное вкл./выкл.: TTL открытый коллектор	Уровень логического 0 (выходной канал заблокирован)	Уровень логической 1 (выходной канал разблокирован)
Опорным уровнем сигнала является земля (общая точка входной сети постоянного тока)	Уровень логического 0 (выходной канал заблокирован)	Уровень логической 1 (выходной канал разблокирован) Опорным уровнем сигнала является земля (общая точка входной сети постоянного тока)
Типовые параметры		
Температурная нестабильность	50 млн ⁻¹ /°C, тип.	50 млн ⁻¹ /°C, тип.
Тепловое сопротивление (спокойный воздух) [Повышение температуры]	25 °C/Вт рассеиваемая (тип.)	18 °C/Вт рассеиваемая (тип.)
Емкость вход-выход	100 пФ (тип.)	150 пФ (тип.)
Входное напряжение, при котором происходит блокирование преобразователя	15,5 В (тип.)	13,5 В (тип.)
Значение тока нагрузки в режиме стабилизации тока при перегрузке	125% максимального тока нагрузки	125% максимального тока нагрузки
Электрическая прочность, изоляция	100 МОм (мин.) при 500 В	100 МОм (мин.) при 500 В
Подавление звуковых частот	50 дБ (тип.)	50 дБ (тип.)
Частота преобразования	В автономном режиме работы 500 кГц (тип.)	В автономном режиме работы 500 кГц (тип.)
Напряжение на входе дистанционного вкл./выкл.	11 В (тип.)	11 В (тип.)

ных и двухканальных DC/DC-преобразователей серии MPE приведены в таблицах 3 и 4. Экспериментальные партии образцов этих преобразователей были представлены в марте 2004 года, квалификационные испытания завершены в июле 2004 года. Серийное изготовление планируется начать в 2006 году.

DC/DC-преобразователи серии MWR

Преобразователи серии MWR с тремя выходными каналами питающих напряжений разработаны для замены весьма популярных в настоящее время изделий серий MHF и MTR. Первоначально эти преобразователи разрабатывались для ВАЕ (программа разработки летательного аппарата F-35 Joint Strike Fighter — JSF).

Габаритные размеры (49,53×34,29×10,29 мм — исполнение без фланцев; 69,09×34,29×10,29 мм —



Рис. 1. Внешний вид DC/DC-преобразователя серии MPE283R3S (исполнение без крепежных фланцев)

исполнение корпуса с крепежными фланцами) идентичны размерам корпуса популярных трехканальных преобразователей серии MHF.

Таблица 4. Технические характеристики некоторых одноканальных модулей электропитания серии MPE (25 °С, входное напряжение 28 В постоянного тока, 100%-ная нагрузка, за исключением оговоренных случаев)

Параметр	Условия	MPE2812S			MPE2815S			MPE2828S		
		Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
Выходное напряжение, В		11,88	12	12,12	14,85	15	15,15	27,72	28	28,28
Ток нагрузки, А	В диапазоне входных напряжений питающей сети 16...40 В			2			1,7			0,9
Выходная мощность, Вт	В диапазоне входных напряжений питающей сети 16...40 В			25			25			25
Общая пульсация выходного напряжения, мВ (двойная амплитуда)	В диапазоне частот 10 кГц...20 МГц, диапазон рабочих температур -55...+125 °С			60			60			120
Нестабильность по напряжению, мВ	В диапазоне входных напряжений питающей сети 16...40 В			20			20			20
Нестабильность по току, мВ	При изменении нагрузки от холостого хода до 100%			50			50			50
Входное напряжение, В	Длительный режим. Импульсное напряжение, 1 с	16	28	40	16	28	40	16	28	40
	КПД, %	81	85		82	86		81	85	
	Емкость нагрузки (макс.), мкФ			2000			2000			2000

- Параметры аварийного режима нагрузки измерены для резистивной нагрузки.
- Параметры режима короткого замыкания измерены с точностью 1% ($R_{к.з.} = 10 \text{ Ом}$).
- Время восстановления — время установления выходного напряжения в номинальное значение с точностью 1%.
- Время переходного процесса — более 10 мкс.

Таблица 5. Технические характеристики некоторых двухканальных модулей электропитания серии MPE: 25 °С, входное напряжение 28 В постоянного тока, 100%-ная нагрузка, за исключением специфицированных иным образом

Параметр	Условия	MPE2805D			MPE28112D			MPE2815D		
		Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
Выходное напряжение, В		+4,95; -4,925	+5; -5	+5,05; -5,075	+11,88; -11,82	+12; -12	+12,12; -12,18	+14,85; -14,775	+15; -15	+15,15; -15,225
Ток нагрузки, А	В диапазоне входных напряжений питающей сети 16...40 В			2,8 по каждому выходу			1,46			1,17
Общая выходная мощность, Вт	В диапазоне входных напряжений питающей сети 16...40 В			20			25			25
Общая пульсация выходного напряжения, мВ (двойная амплитуда)	В диапазоне частот 10 кГц...20 МГц, диапазон рабочих температур -55...+125 °С		50			50			50	
Нестабильность по напряжению, мВ	В диапазоне входных напряжений питающей сети 16...40 В			20 200			20 200			20 200
Перекрестное влияние, мВ	По каналу отрицательного напряжения			500			500			500
Нестабильность по току, мВ	При изменении нагрузки от холостого хода до 100%			50; 200			50; 200			50; 200
Входное напряжение, В	Длительный режим Импульсное напряжение, 1 с	16	28	40 50	16	28	40 50	16	28	40 50
	КПД, %	78	81		81	84		82	85	
Изменение выходного напряжения при динамическом изменении нагрузки (пиковое), мВ	50%-100%-50% Переходный процесс			250			600			600
	Емкость нагрузки (макс.), мкФ			1000			1000			1000

- Параметры аварийного режима нагрузки измерены для резистивной нагрузки.
- Параметры режима короткого замыкания измерены с точностью 1% ($R_{к.з.} = 10 \text{ Ом}$).
- Время восстановления — время установления выходного напряжения в номинальное значение с точностью 1%.
- Время переходного процесса — более 10 мкс.
- До 70% общей мощности можно получить в любом выходном канале, при этом другой выход поддерживает минимум 30% общей мощности.

В новых преобразователях использована нотактная обратногохода структура с двумя контурами сигнала обратной связи и трансформаторной электрической изоляцией (развязкой) сигналов управления. Изделия характеризуются высокими значениями номинальной суммарной выходной мощности (до 35 Вт) и КПД (85%). Фазы двух параллельных силовых контуров, работающих на одной частоте, сдвинуты относительно друг друга на 120 °С [6]. Путем сдвига двух

фаз достигается высокий уровень подавления пульсации выходного напряжения. Зависимость КПД от выходной мощности является чрезвычайно плоской, то есть модули работают с максимальным КПД в широком диапазоне выходных мощностей (рис. 3).

Режим «мягкого» восстановления напряжения позволяет исключить перерегулирование при частом переходе в дежурный режим, перерыве в подаче питания или при пегрузке. Преобразователи характеризуются

низким уровнем пульсации выходного напряжения: типовое значение составляет 0,5% от номинального напряжения (при измерении осциллографом с полосой до 20 МГц).

Технические параметры преобразователей серии MWR приведены в таблице 6. Внешний вид трехканальной модели MWR28515T (исполнение без крепежных фланцев) представлен на рис. 4.

Опытные образцы модели MWR28515T были представлены в декабре 2003 года. Экспериментальные образцы изготовлены в марте 2004 года. Серийное производство планируется начать в 2006 году.

В таблице 7 приведены модели DC/DC-преобразователей серии MWR с двумя каналами выходных напряжений, планируемыми к выпуску в ближайшей перспективе.

Помехоподавляющий фильтр FMT-461

Для уменьшения помех, распространяющихся по цепям питания, устранения высокочастотных связей, подавления широкополосных помех и защиты устройств, чувствительных к помехам, фирма Interpoint предлагает для применения с сериями MPE и MWR новую модель помехоподавляющего фильтра FMT-461, основные параметры которого приведены в таблице 8. Фильтр снижает кондуктивные помехи, возникающие при работе DC/DC-преобразователей; вносимое затухание на частоте 1 МГц равно 70 дБ. Дроссели фильтра выполнены из бескаркасных ферритовых сердечников, температура их перегрева не превышает 20 °С, что определяет высокие параметры и технические характеристики изделий, такие, например, как надежность, долговечность, устойчивость к воздействию внешних климатических и механических нагрузок. Конструкция помехоподавляющего фильтра FMT-461 приведена на рис. 5.

Новые изделия для бортовой аппаратуры космических аппаратов

Важнейшую роль в обеспечении длительной и безотказной работы РЭА в космических условиях играет стойкость ее элементов и материалов конструкции к воздействию факторов космической среды.

Радиационная стойкость — одна из важнейших характеристик РЭА, предназначенной для применения в составе бортовой аппаратуры (БА) космических аппаратов. Радиационная стойкость аппаратуры определяет в основном срок ее активного существования.

Создание высокоэффективных надежных структур радиационностойких изделий энергетической электроники является сложной задачей, требующей разработки методов и средств для расчета, моделирования и оптимизации схемотехнических решений, создания и эксплуатации контрольно-измерительного и испытательного оборудования для эффективной отбраковки потенциально дефектных электрорадиоизделий, разработки методик и специальной аппаратуры для исследования последствий воздействия ионизирующего излучения (пострадиационный эффект) и оценки радиационной стойкости изделий по ре-

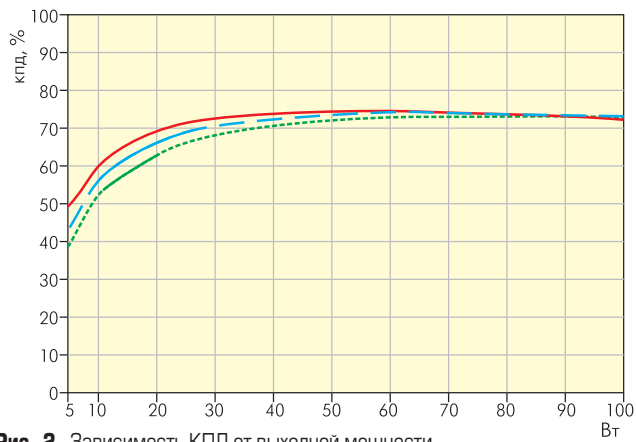


Рис. 2. Зависимость КПД от выходной мощности для одноканальных моделей DC/DC-преобразователей серии MPE с номинальными выходными напряжениями 1,8 и 2,5 В

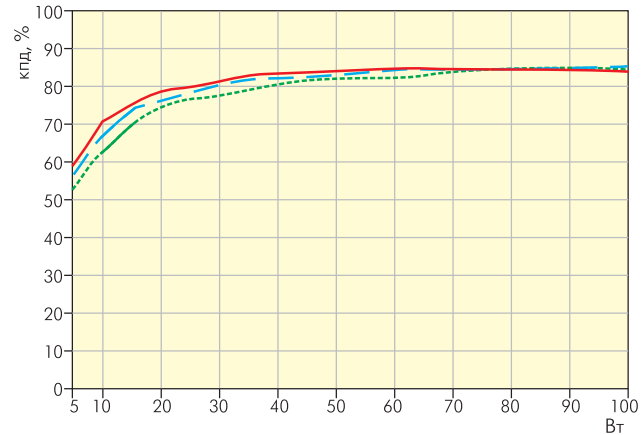


Рис. 3. Зависимость КПД от нагрузки (выходной мощности) DC/DC-преобразователя серии MWR

Таблица 6. Технические характеристики некоторых трехканальных модулей электропитания серии MWR: 25 °С, входное напряжение 28 В постоянного тока, 100% нагрузка, за исключением специфицированных иным образом

Трехканальный выходы	Код модели:	MWR28515T			MWR28512T			MWR283R315T			MWR283R312T			
		Параметры	Условия	Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.
Выходное напряжение, В	Основной канал + Дополнительный - Дополнительный	4,95 14,85 -15,3	5 15 -15	5,05 15,15 -14,7	4,95 11,88 -12,24	5 12 -12	5,05 12,12 -11,76	3,27 14,85 -15,3	3,3 15 -14,7	3,33 15,15 -14,7	3,27 11,88 -12,24	3,3 12 -12	3,33 12,12 -11,76	
Ток нагрузки, А	Основной канал На дополнительных каналах (на каждом) Суммарный ток нагрузки дополнительных каналов			3 0,93 1,34			3 1,17 1,67			3 0,93 1,34			3 1,17 1,67	
Выходная мощность, Вт	Основной канал Суммарная мощность по дополнительным каналам Суммарная выходная мощность			15 20 35			15 20 35			10 20 30			10 20 30	
Общая пульсация выходного напряжения (двойная амплитуда), мВ	Диапазон частот 10 кГц...20 МГц Основной канал +Дополнительный канал -Дополнительный канал			60 150 150			60 120 120			60 150 150			60 120 120	
Входное напряжение, В	Непрерывный режим Одиночный импульс, 1 с	15	28	50 80	15	28	50 80	15	28	50 80	15	28	50 80	
Нестабильность по напряжению, мВ При изменении входного напряжения от 15 до 50 В	Основной канал + Дополнительный канал - Дополнительный канал			25 50 100			25 50 100			25 50 100			25 50 100	
Нестабильность по току, мВ При изменении нагрузки от xx до 100%	Основной канал +Дополнительный канал -Дополнительный канал			25 50 250			25 50 250			25 50 250			25 50 250	
Взаимное влияние каналов, %	-Дополнительный При нагрузке +AUX10=30%, -AUX10=70% AUX10=70%, AUX10=30%			5			5			5			5	
КПД, %				81	85		80	84		78	82		77	81



Рис. 4. Внешний вид DC/DC-преобразователя MWR28515T

результатам испытаний на радиационных моделирующих установках и т. д.

Эти задачи успешно решены фирмой Interpoint, предлагающей радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи и помехоподавляющие фильтры для применений в бортовой аппаратуре КА при высоком уровне радиационного фона [4].

В настоящее время фирма Interpoint проводит опытно-конструкторские работы, направ-

Таблица 7. Модели DC/DC-преобразователей серии MWR с двумя выходными каналами питающих напряжений

Модель	Основные параметры
MWR283R05	3,3 В (10 Вт) и 5 В (15 Вт)
MWR283R12	3,3 В (10 Вт) и 12 В (20 Вт)
MWR283R15	3,3 В (10 Вт) и 15 В (20 Вт)

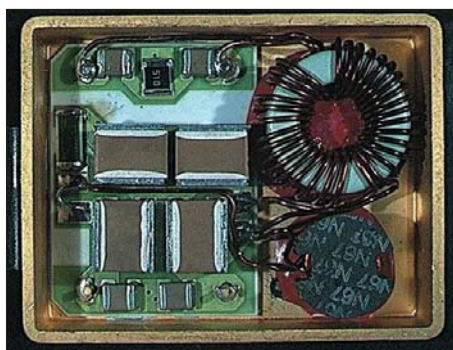


Рис. 5. Конструкция помехоподавляющего фильтра FMT-461 (крышка снята)

Таблица 8. Технические характеристики помехозащитного фильтра FMT-461 (при 25 °С)

Параметр	Условия	Мин.	Тип.	Макс.
Входное напряжение, В	В режиме холостого хода			
Мощность в нагрузке 43 Вт	0 0	28 28	50 50	
Вносимое затухание, дБ	500 кГц 1 МГц		60 70	
Сопротивление постоянному току (R_{dc}), Ом	25 °С 125 °С		0,18 0,26	
Емкость, мкФ			0,06	
Выходное напряжение, В	Установившийся режим		$U_{вых} = U_{вх} - I_{вх}(R_{dc})$	
Выходной ток, А	Входное напряжение 15 В Входное напряжение 40 В			2,7 1,8
Рассеиваемая мощность, Вт	Макс. ток 25 °С 125 °С			1,46 2,04

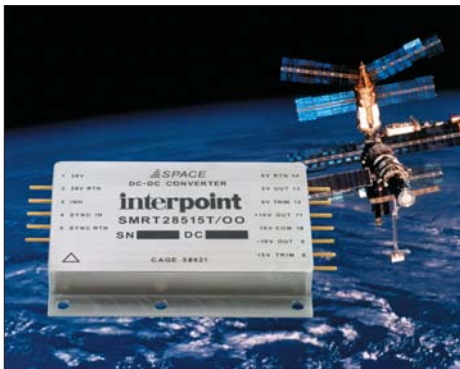


Рис. 6. Радиационностойкий DC/DC-преобразователь серии SMRT

ленные на разработку новой серии радиационно-стойких модулей DC/DC-преобразователей серии SMRT (рис. 6). Многоканальные модули специально разрабатываются для организаций, специализирующихся в разработке аппаратуры для космических систем: Orbital Sciences, Boeing, Honeywell Space Systems, JPL, NASA и др.

В результате ОКР достигнуты следующие значения эксплуатационных показателей:

- Предельная поглощенная доза радиоактивного излучения — до 1 Мрад (Si).
- Усовершенствованные испытания на воздействие ионизирующего излучения низкой интенсивности — до 0,01 рад/с (Si) в течение более 1000 часов на γ -установках с изотопом ^{60}Co , согласно процедуре Method 1019.6 Ionizing Radiation (Total Doze) Test Procedure стандарта MIL-STD-883F.
- Спецификация показателя радиационных эффектов от воздействия отдельных ядерных частиц (одиночные сбои Single Event Effects — SEEs; Single Event Upsets — SEUs и эффекты защелкивания изделий Single Event Latchup — SEL). Достигнут показатель Linear Energy Transfers (LET — удельные линейные потери энергии ЛПЭ) 115 МэВ·см²/мг.
- Возможность работы при чрезмерно низких температурах (до -90°C).
- Наличие в серии изделий с одним, двумя, тремя и четырьмя изолированными каналами.
- Преобразователи оснащены входными помехоподавляющими фильтрами кондуктивных помех и ограничителями пускового тока.
- Широкий диапазон напряжений питающей сети: 19–56 В с допусками в соответствии с MIL-STD-975M. Необходимо заметить, что расширение предельного рабочего напряжения в сторону высоких значений позволит применить эти преобразователи с промежуточной шиной Space European Bus и принятой в Японии шиной источника входной электроэнергии КА.
- Выходные напряжения с низким уровнем пульсаций (примерно десятки мВ, максимум 120 мВ от пика до пика, измеряемых осциллографом с полосой до 20 МГц). Уровень пульсаций выходных напряжений соответствует требованиям стандарта MIL-STD-461E, условие CE03.

- Диапазон выходных мощностей от 30 до 50 Вт (в зависимости от конфигурации). В настоящее время трехканальная модель характеризуется выходной мощностью 40 Вт.
- Две группы изолированных выходных каналов питающих напряжений могут быть сконфигурированными следующим образом: только один канал; один канал и два симметричных (дополнительные «+» и «-») канала; два симметричных канала питающих напряжений.
- Три уровня оценки по качеству: О, Н, К.

Конструкторские решения

Преобразователи серии SMRT созданы с применением технологии удвоения фазы и сдвига фазы на 180° [6]. В контурах обратной связи для изоляции сигналов управления применяются трансформаторы, при этом все выходные каналы изолированы друг от друга и от шин источника входной электроэнергии. Применение метода широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с постоянной рабочей частотой, обратной связью по напряжению и дополнительной обратной связью по току дросселя позволяет получить высокий КПД при низких уровнях напряжения. Каждый из двух преобразователей, размещенных внутри герметизированного корпуса, может быть сконфигурирован на один или два выходных канала. Таким образом, каждый из обратных преобразователей может реализовать одноканальную, двухканальную, трехканальную или четырехканальную структуру. Применение двух контуров обратной связи позволяет исключить перекрестные влияния между основным и дополнительными каналами выходных напряжений. Ограничение тока в случае отказа на одном выходе (группе выходов) происходит независимо от других каналов и без влияния на них. Еще одним достоинством преобразователей серии SMRT является отсутствие ограничений на минимальное значение тока нагрузки, которое является важным показателем надежности системы. Модульная конструкция преобразователя предусматривает возможность расширения диапазона входного напряжения до 100 В, а также интеграцию ограничителя пускового тока.

Отдельной задачей является снижение производственных затрат при изготовлении модулей посредством минимизации доли ручных сборочных операций и оптимизации организации производства. Технологичность изделий обеспечивают: отсутствие многослойных покрытий, минимальное количество резистивных паст (до 3), исключение пайки оплавлением припоя, крепление подложки посредством одной операции, применение соединительных проводников одного размера и компонентов для поверхностного монтажа, исключение без необходимости промежуточных операций по сборке магнитных компонентов, закрепление магнитных компонентов сваркой, применение новых паст, не содержащих кадмия, и др.

В производстве модулей электропитания фирмы Interpoint используются или планируются к применению следующие новшества:

- применение плоских проводников внутри корпуса для проволочных соединений;
- применение в качестве покрытия никеля вместо золота;
- применение новых фиксирующих эпоксидных материалов;
- использование сварки сплошным швом при установке кристаллодержателя на поверхность с гальванически нанесенным слоем никеля;
- применение планарных магнитных компонентов.

Заключение

Новые DC/DC-преобразователи для авиационных применений и радиационно-стойкие преобразователи постоянного напряжения фирмы Interpoint создаются на основе высокочастотных структур (рабочие частоты преобразования от 360 до 550 кГц), в которых используется двухфазовая схема, работающая со сдвигом по фазе на 120° или 180° , а также оригинальное решение для размагничивания магнитопровода силового трансформатора [7], что позволяет уменьшить массогабаритные показатели, улучшить энергетические характеристики, снизить уровни электромагнитных помех.

Применение новых материалов и современных компонентов, а также оптимизация технологических процессов изготовления позволяют значительно снизить производственные затраты и повысить качество изделий.

Литература

1. Исаев В. М. Тенденции развития источников вторичного электропитания специального назначения // Устройства и системы энергетической электроники. Тезисы докладов научно-технической конференции УСЭЭ-2000. М: НТФ ЭНЭЛ, 2000.
2. Ермошин В. М., Конев Ю. И., Соловьев И. Н. Системы электрооборудования автономных объектов // Устройства и системы энергетической электроники. Тезисы докладов научно-технической конференции УСЭЭ — 2000. М.: НТФ ЭНЭЛ, 2000.
3. Жданкин В. К. Вторичные источники электропитания фирмы Interpoint // Современные технологии автоматизации. 1997. № 4.
4. Жданкин В. К. Радиационностойкие изделия энергетической электроники фирмы Interpoint // Электрическое питание. 2004. № 1.
5. Жданкин В. К. Устойчивость гибридных DC/DC-преобразователей к воздействию ионизирующих излучений космического пространства // Современные технологии автоматизации. 2005. № 3.
6. Jay A. Kuehny, Michelle Manson. New phase technology boosts dc/dc // Electronic Engineering Times. A CMP Publication. August 14, 1995.
7. Ming L. Chen Kirkland, Jay A. Kuehny. DC-to-DC Converter with Secondary Flyback Core Reset. US Patent Number: 5521 807. Date of Patent: May 28, 1996.