

# Сравнение модулей-преобразователей вторичных источников электропитания

Альберт Куреной (Санкт-Петербург)

На современном рынке преобразователей напряжения присутствует множество компаний. Попробуем разобраться в преимуществах и недостатках продукции конкретных производителей, доминирующих на российском рынке.

Современные вычислительные системы сбора, обработки, трансляции информации содержат в своём составе до 30...40% аппаратуры электропитания, что существенно влияет на стоимость, надёжность и габариты систем. По оценкам специалистов, 50% всех отказов сложных электронных систем приходится на средства электропитания или связаны с ними.

Преобразование электроэнергии первичных сетей в сети с параметрами, требуемыми потребителям, осуществляют вторичные источники электропитания (ИВЭП). Традиционно ИВЭП собирались на дискретной элементной базе собственными силами разработчиков цифровых систем. Действительно, в предельном случае специализированный источник питания для конкретной задачи по своим удельным параметрам, надёжности всегда лучше по сравнению с универсальным. Однако разработка, отладка решений, применяемых в

ИВЭП, требуют больших временных затрат, наличия специального оборудования и персонала с высокой квалификацией, а с учётом мелкосерийности производства и необходимости внедрения технологических и схемотехнических новинок приводят к бесперспективности разработки оригинальных ИВЭП. Экономически оправдано производство непрофилирующих устройств только в случаях, когда востребована аппаратура, представленная на рынке единичными экземплярами.

В настоящее время фирмами, специализирующимися на производстве ИВЭП, предлагаются конечные решения преобразования электроэнергии на базе модулей-преобразователей. Существуют как готовые интегрируемые блоки питания, имеющие широко распространённые наборы электрических параметров, так и отдельные модули, позволяющие создавать ИВЭП с гибко настраиваемыми и комбинируемыми характеристиками. Такие ИВЭП отличаются высокими удельными показателями мощности, КПД, применением современных технологий изготовления, высокой надёжностью.

На рынке предлагается огромное количество марок, моделей ИВЭП и модулей-преобразователей, причём применённые в них схемотехнические решения и элементная база схожи: МДП-ключи, быстрые диоды, диоды Шоттки, специальные магнитные материалы, применяемые в планарных трансформаторах, режим переключения при нулевом токе. Основные преимущества производители

получают за счёт использования технологических «ноу-хау» [1].

Чтобы сопоставить достижения производителей современных источников питания, рассмотрим планарно монтируемые (SMD) DC/DC-преобразователи, известные под названием «конверторы». Конверторы являются самой динамично развивающейся группой преобразователей, параметры которых говорят о технологическом уровне производителя, так как они служат своеобразным полигоном для проверки последних разработок в области преобразования электроэнергии для нужд конечных потребителей.

Стандартно SMD-преобразователи выпускаются в трёх типоразмерах (рис. 1):

- brick – 117,0 × 56,0 × 12,7 мм;
- 1/2 brick – 58,0 × 56,0 × 12,7 мм;
- 1/4 brick – 58,0 × 37,0 × 12,7 мм.

Реже применяется типоразмер 1/8 brick.

На сегодняшний день модули-преобразователи имеют в среднем следующие характеристики:

- удельная мощность 6000 Вт/дм<sup>3</sup>;
- КПД до 90%;
- наработка на отказ (MTBF) до 1 млн. часов;
- рабочий промышленный температурный диапазон основания корпуса –40...+100°C.

Практически все современные конвертеры обеспечивают:

- защиту от перегрузки по току и превышения выходного напряжения;
- дистанционное включение/выключение;
- регулировку выходного напряжения;
- защиту от понижения входного напряжения;
- параллельное включение.

Однако существуют определённые отличия продукции различных фирм. Чтобы понять сильные и сла-



Рис. 1. Стандартные типоразмеры преобразователей

бые стороны преобразователей разных торговых марок, проведём сравнительный анализ.

Существует множество мировых компаний, производящих преобразователи: Astec, Lorain Products, Vicor Corporation, Lite-On, C&D Technologies, Lambda Electronics, Lucent Technologies и др., а также отечественных: «ММП-Ирбис», «Александр-электрик», «Сфера-СМ», «Континент» и проч. Но в целях сравнительного анализа использована продукция фирм, имеющих в России хорошую дистрибьюторскую сеть или лидирующих в определённом сегменте рынка. Сравнительные данные представлены в таблице.

Для адекватности сравнения рассмотрены конверторы мощностью 50 Вт, так как группа преобразователей 50...100 Вт является самой продаваемой. Современные цифровые системы, предназначенные для нужд управления производственными процессами, медицины, телефонии, цифровых сетей и прочих систем обработки информации требуют в основном низковольтное питание в диапазоне 3,3...24 В, поэтому для сравнения используем конверторы с одним выходным напряжением 12 В [2]. Как правило, стандартная градация

конверторов по входным напряжениям состоит из следующих групп: 8...18 В; 18...36 В; 36...75 В и так далее до 400 В. Группа с входным напряжением 36...75 В с номиналом напряжения 48 В наиболее широко применяемая, а значит, максимально подходит для сравнения. Преобразователи мощностью 50 Вт выпускаются в основном с типоразмером half brick, однако ввиду технологического прорыва и повышения показателей удельной мощности эти преобразователи всё чаще изготавливаются с габаритами quarter brick. Рассматриваемые конверторы имеют гальваническую изоляцию между входом и выходом не ниже 1500 В. Параметры сравниваемых преобразователей приведены при температуре 25°C и полной нагрузке, если не указано иного. Данная группа формировалась из моделей, которые уже рекомендовали себя на российском рынке. Они хотя и не отличаются выдающимися характеристиками, свидетельствующими о технологическом уровне продукции, способны передать ценовую политику, которую формируют конкретные производители и дистрибьюторы.

Для оценки технологических достижений в значениях удельной мощности из существующей линейки кон-

верторов каждого производителя выбирался конвертор с максимальными показателями этого параметра.

## КПД

В вычислительных приборах с ограниченным пространством и невозможностью осуществления принудительного обдува для целей теплоотвода КПД имеет принципиальное значение. Несомненным лидером в эффективности преобразования электроэнергии являются конверторы Power One Group. Анализ всей линейки преобразователей этой фирмы указывает на превышение КПД над средним его значением среди преобразователей других производителей. Хорошие показатели КПД также у Ericsson Power Modules и у новинок от Artesyn. Неплохие параметры КПД демонстрируют последние разработки от «ММП-Ирбис» – российского лидера по производству преобразователей.

## Частота импульсного преобразования

Частота преобразования говорит о технологическом уровне производителей. Следует упомянуть о квазирезонансном режиме работы силовых элементов DC/DC-преобразователей с пе-

Сравнительная таблица DC/DC-конверторов фирм, наиболее широко представленных на российском рынке

Фирма	Модель	Выходная мощность, Вт	КПД	Частота преобразования, кГц	Габариты, мм	Удельная мощность, Вт/дм <sup>3</sup>	Рабочая температура основания корпуса, °C	Наработка на отказ, тыс. час. (спецификация)	Удельная стоимость Вт/\$
Artesyn	BXB50	50	84	500	60,96 × 57,91 × 12,70	–	–40...+100	1400 (Bellcore332), 580 (MIL-HDBK-217F)	2,6
	quarter brick new	200	92	850	58,42 × 36,83 × 7,62	12 200	–40...+100	1000 (Bellcore332), 200 (MIL-HDBK-217F)	–
Ericsson	PKN4511	50	90	160	61,0 × 61,0 × 7,8	–	–45...+100	200 при 75°C	–
	PKL4316	310	91	До 1000	61,5 × 61,0 × 12,7	6280	–40...+100	–	–
Interpoint	MFL2812s	60	87	550...650	76,33 × 38,23 × 10,16	–	–55...+125	200 при 85°C	21,7
	MK200	200	85	450...550	61,0 × 57,9 × 11,4	5600	–55...+125	200 при 85°C	–
Lambda	PAH 50s48	50	85	<265	60,96 × 57,91 × 12,70	–	–40...+100	–	2,6
	PAF700F48	700	91	<265	116,8 × 61,0 × 12,70	7700	–40...+100	–	–
Power One	HBS050ZH	50	85	500	61,0 × 57,9 × 12,7	–	–40...+100	2100 (Bellcore 332)	–
	FBC42ZH	504	92,5	400	116,8 × 60,9 × 12,7	5553	–40...+110	1000 (Bellcore 332)	–
Traco	TEN40-4812	40 (макс.)	89	300	50,8 × 50,8 × 10,2	1520	–40...+100	510 (MIL-HDBK-217F)	1,68
Vicor	V48B12H50B	50	90	До 2000	57,9 × 55,9 × 12,7	–	–40...+100	–	5,8
	V378A12H600A	600	86		117,0 × 56,0 × 12,7	7260	–40...+100	2000	–
XP	ICH5024WS12N	50	85	300...400	61,0 × 57,9 × 12,7	–	–40...+100	–	2,6
	DCH200	200	87	370	61,0 × 57,9 × 12,7	4460	–40...+100	260 (MIL-HDBK-217F)	–
Ирбис	СМЕ60В	60	88	–	60,0 × 60,0 × 12,5	–	–40...+100	500	0,27
	СМЕ150В	150	91	–	61,0 × 58,0 × 12,5	3391	–40...+100	300	–
Континент	TCA600	60	87	100	140 × 80 × 17	–	–40...+75	50	0,9
	TFA750.3	75	86	480	61,0 × 58,4 × 12,7	1660	–40...+100	75	–



Рис. 2. Двухсотваттный преобразователь Artesyn в формате quarter brick

ременной частотой, позволяющем реализовывать переключения при нулевом токе. Преимущества по этому параметру, несомненно, у бренда Vicor – до 2 МГц с применением технологий ZCS/ZVS (переключение не только при нулевом токе, но и при нулевом напряжении). Высокие частотные показатели у Ericsson Power Modules и в последних разработках Artesyn.

### ГАБАРИТЫ

Производители стараются придерживаться стандартизованных типов размеров. Однако не исключены случаи изготовления преобразователей с оригинальными форм-факторами. В этом случае возможны проблемы при смене элементной базы. Опыт разработчиков аппаратуры с применением модульных преобразователей свидетельствует о трудностях с взаимозаменяемостью модулей Traco.

### УДЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ

До недавнего времени пальму первенства в значениях мощности в единице объёма разделяли Vicor и Nemis Lambda. Но, видимо, устоявшееся положение не устроило корпорацию Artesyn, образованную в 1997 г. путём слияния таких известных компаний, как Computer Products и Zytac Corporation. 9 ноября 2004 г. Artesyn анонсировала выпуск первого в мире 200-Вт конвертора с типоразмером quarter brick и удельной мощностью более 12 000 Вт/дм<sup>3</sup> (рис. 2), тем самым более чем на 50% увеличив существовавший предел! До недавнего времени продукция Artesyn не выделялась из общего ряда, но новинки этой компании обладают выдающимися параметрами. Однако пока недостаточно опыта работы с новыми преобразователями этой фирмы. Следует отметить отечественного производителя «ММП-Ирбис» (рис. 3), который осуществил прорыв в пока-



Рис. 3. Преобразователь «ММП-Ирбис»

зателях удельной мощности, превысив почти в 2 раза показатели российских аналогов и обойдя даже некоторых иностранных аутсайдеров.

### РАБОЧИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температурные режимы работы важны для систем, работающих в экстремальных условиях. Особые требования прежде всего предъявляются к изделиям военного назначения. Корпорация Interpoint нацелена именно на данный сегмент рынка и является изготовителем преобразователей для работы в самых жёстких условиях (рис. 4). Конверторы Interpoint способны работать при температурах, которые являются предельными для хранения модулей других производителей. Некоторые модели фирм Power-One Group и Artesyn также перешагнули верхнюю рабочую границу нагрева корпуса преобразователя 100°C на 10°C и более.

### НАРАБОТКА НА ОТКАЗ

Существует определённая сложность в сравнении наработки на отказ разных фирм ввиду того, что при расчёте используются различные спецификации: Bellcore TR-NWT-332, MIL-HDBK-217F, Telcordia SR-332, HRD4 плюс отечественные стандарты. Все указанные методы определения времени наработки на отказ (MTBF) имеют между собой нелинейную зависимость.

Bellcore TR-NWT-332 обычно используется в США, а HRD4 распространён в Англии. Нарботка на отказ, рассчитанная в соответствии с этими стандартами, имеет большие значения, чем наработка на отказ, посчитанная в соответствии со стандартом MIL-HDBK-217F, который широко распространён на практике. Например, для преобразователя напряжения серии VXA30 (в прошлом Computer Products) значения параметра нара-



Рис. 4. Преобразователи Interpoint

ботки на отказ, рассчитанные согласно упомянутым стандартам, имеют следующие значения: MIL-HDBK-217F – 520 000 часов, Bellcore TR-NWT-332 – 750 000 часов, HRD4 – 2 500 000 часов. Стандарт MIL-HDBK-217F накладывает жёсткие ограничения на компоненты невоенного назначения. Принятые интенсивности отказов некоторых из этих компонентов не совсем соответствуют реальным значениям. Например, трансформаторы и магнитные компоненты имеют очень низкую реальную интенсивность отказов, в то время как MIL-HDBK-217F предсказывает очень высокую. Кроме того, интенсивность отказов микросхем определяется стандартом как даже более высокая, чем у магнитных компонентов [5].

В первом приближении можно сказать, что самыми надёжными являются преобразователи Interpoint, расчёты MTBF которых проводятся при 85°C. Заметим, что повышение температуры на 10°C приводит к снижению надёжности полупроводниковых устройств в среднем на 50%. Показатель MTBF продукции Interpoint при 85°C сравним с показателями конверторов некоторых других фирм, рассчитанными при 25°C. Сопоставимое время MTBF демонстрируют модули Ericsson при 75°C. Современную границу MTBF в 2 млн. часов, разделяющую аутсайдеров и форвардов, перешагнули: Artesyn, Lambda, Power-One, Vicor.

### УДЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ

«За надёжность нужно платить» – девиз фирмы Interpoint; стоимость её преобразователей на порядок выше прочих. Но если для вас главное – эксплуатационные характеристики, то потраченные деньги будут оправданы.

Средняя цена продукции Vicor в два раза выше средней рыночной цены в \$2,5/Вт на преобразователи иностранного производства. Но наряду с





Рис. 5. Конструктор от Vicor

высокими техническими, технологическими и эксплуатационными показателями Vicor предлагает не только преобразователи, но и полный набор сопутствующих компонентов для монтажа, крепления, соединения, теплоотвода, превращая комплект для сборки ИВЭП в конструктор (рис. 5).

Аналогами Vicor, но без широкого круга аксессуаров, можно назвать Artesyn, Ericsson, Power-One).

Прочие иностранные производители предлагают преобразователи с более низкими техническими и эксплуатационными характеристиками по ценам почти на 40% ниже среднерыночной цены, но данный сегмент

рынка по параметрам модулей соответствует продукции отечественных производителей, цена которой более чем в 2 раза ниже среднерыночной.

Следует заметить, что стоимость продукции на зарубежном заводе-производителе (EXW prices) может на порядок отличаться от цены на данную продукцию, предлагаемой российскими дистрибьюторами. Например, при заказе свыше 100 конверторов Vicor заводская стоимость одного ватта серийной продукции с типоразмером half brick составит \$0,49/Вт. Есть дистрибьюторы, предлагающие эту же продукцию за \$5,8/Вт.

Таким образом, каждый производитель предлагает либо повышение тех или иных показателей преобразователей с соответствующим увеличением стоимости, либо пытается ориентироваться прежде всего на конечную стоимость продукта. Надеюсь, настоящая статья помогла потребителям сделать выбор между торговыми марками преобразователей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Липанов В.А., Фрид Л.Е. Источники электропитания на основе унифицирован-

ных модулей. Системы управления и обработки информации: Научн.-техн. сб. ФНПЦ «НПО «Аврора». СПб., 2000. Вып. 2.

2. Лукин А. Динамика индустрии источников вторичного электропитания. Компоненты и технологии. 2000. № 10.
3. Родригес Э. Методы охлаждения DC/DC-конверторов. ChipNews. 2001. № 5.
4. Белотуров В. Источники электропитания из модулей Vicor. Компоненты и технологии. 2003. № 3.
5. Жданкин В. Надёжность преобразователей напряжения и её количественная оценка. СТА. 1997. № 4.
6. www.artesyn.com.
7. www.astec.com.
8. www.cdtechno-cps.com.
9. www.continent-tm.ru.
10. www.ericsson.com.
11. www.interpoint.com.
12. www.itc-electronics.com.
13. www.lambdapower.com.
14. www.liteon.com.
15. www.mmp-irbis.ru.
16. www.power-one.com.
17. www.prosoft.ru.
18. www.sfera-sm.ru.
19. www.tracopower.com.
20. www.vicorpower.com.
21. www.xpplc.com.



## Новости мира News of the World Новости мира

### МОП-транзисторы на напряжение 40 и 60 В

Фирма Siliconix предлагает n-канальные МОП-транзисторы, которые обладают пороговым напряжением 3,4 В и сопротивлением в открытом состоянии 2,7 мОм. Десять новых транзисторов в 40- и 60-вольтовых версиях найдут применение в высокотемпературных/сильноточных схемах с индуктивными нагрузками в автомобилях, промышленности и стационарных телекоммуникационных сетях. По утверждению производителя, они предназначены, например, для использования в качестве High-Side-переключателей, схем управления двигателями или бортовых сетей с напряжением 12 В. МОП-транзисторы выпускаются в корпусах DPAK-, D2PAK- и PowerPAK SO-8.

### Понижающие регуляторы

Фирма Sipex начала выпуск новых понижающих регуляторов SP7653. Регулятор 3 А/1,3 МГц выдерживает входные напряжения до 20 В и выдает выходные напряжения от 0,8 В. Благодаря встроенному низкоомному коммутатору с сопротивлением 40 мОм SP7653 превосходит, по заявлению производителя, все конку-

рентные решения по диапазону выходных напряжений – от 0,8 до 19 В, и КПД – до 91%. SP7653 обеспечивают программируемый мягкий запуск и включение с нагруженным выходом, имеют двойное пороговое значение UVLO (Under-Voltage Lock-out) и обладают устойчивостью к перегреву и короткому замыканию. Интегральная схема имеет интерфейс Chip-to-Chip, с помощью которого разработчик может имплементировать различные протоколы включения (логотметрическое, последовательное и одновременное). SP7653 выпускается в корпусе DFN размером 7 × 4 мм. Цена при партии от 10 тыс. шт. – от \$2,51. Регулятор рассчитан на работу в температурном диапазоне от –40 до 85°C.

### Индуктивности для высокочастотных и беспроводных приложений

Компания NIC Components Europe начала выпуск тонкопленочных индуктивностей поверхностного монтажа для высокочастотных и беспроводных приложений серии NTL. Серия поставляется в корпусах 0201, 0402 и 0603 и имеет собственную резонансную частоту до 10 ГГц. Номинальный ток достигает 1,8 А, а добротность – до 52

на частоте 1,5 ГГц. Допуски нормируются величиной  $\pm 0,1$  нГн или  $\pm 2\%$  (в зависимости от элемента). Элементы содержат медную катушку, изготовленную травлением, на алюминиевой подложке. Благодаря витым, не содержащим свинца выводам, серия соответствует указаниям RoHS, которые вступают в действие в июле 2006 г.

### CAN-трансивер для сетей транспортных средств

Компания AMI Semiconductor (AMIS) предлагает CAN-трансивер AMIS-42665, обладающий скоростью передачи 1 Мбод и управляемой по шине Wake-up-Routine. ИС пригодна для использования в автомобильном оборудовании с питанием 12 и 24 В и соответствует стандартам ISO-11898-2 и ISO-11898-5. Она интегрирует все функции интерфейса между CAN-контроллером и физической шиной, и может применяться для обеспечения работы двигателя и сервисных устройств – от электрических стеклоподъемников до автоматики кондиционера. ИС поставляется в «зелёном» миниатюрном корпусе SOIC8-150. Стоимость AMIS-42665 – 0,78 евро в партиях от 5000 шт.

www.ru.channel-e.de