

# Mil-COTS DC/DC-преобразователи компании SynQor — достоинная замена гибридным DC/DC-преобразователям в ответственных приложениях с ограниченным бюджетом

Михаил НИКИТИН  
nmn@ranet.ru

**В статье рассмотрены гальванически изолированные Mil-COTS DC/DC-преобразователи с расширенным температурным диапазоном эксплуатации производства компании SynQor. Они предназначены для таких ответственных применений, как наземная военная техника, транспорт, гражданская авиация, нефтегазовая и горнодобывающая промышленность. В ходе рассмотрения были затронуты вопросы, связанные с экономическими показателями, конструктивными особенностями, схемотехническими решениями и особенностями эксплуатации.**

При разработке схем электропитания электронных модулей и блоков от сетей постоянного напряжения перед разработчиками нередко встает дилемма: использовать дорогие высоконадежные гибридные DC/DC-преобразователи либо снизить финансовые издержки за счет применения модулей, изготавливаемых с применением корпусированных радиоэлектронных компонентов (РЭК). Но так ли актуален этот выбор в настоящее время?

## Гибридная технология

Гибридные DC/DC-преобразователи изготавливаются в герметичных металлических (сталь либо сплавы на основе алюминия) корпусах для установки на печатную плату или для крепления на панель. Во внутреннем герметичном объеме этих корпусов размещаются полупроводниковые кристаллы и пассивные электронные компоненты, установленные на керамическую подложку с электропроводящим рисунком, при этом кристаллы подключаются с помощью разваренных золотых проводников.

За счет использования подложки из керамики с высокой теплопроводностью практически полностью решается проблема локального перегрева отдельных компонентов DC/DC-преобразователей. В свою очередь, избыточная тепловая энергия с подложки отводится на корпус посредством теплопроводного диэлектрического клея, выполняю-

щего двойную функцию: отвод тепла и фиксация [1].

У гибридных DC/DC-преобразователей внутренняя полость заполнена инертным газом, поэтому большое внимание уделяется сохранению ее герметичности. При установке выводных контактов (как правило, штыревых) в большинстве случаев используют легкоплавкие стеклянные шарики (стеклянные изоляторы), которые вначале нанизывают на каждый контакт, а затем оплавливают при высоких температурах. Таким образом обеспечивается герметичность и электрическая изоляция корпуса DC/DC-преобразователя. У такого способа герметизации есть один существенный недостаток — вследствие вибраций или механических повреждений выводных контактов велика вероятность нарушения герметичности из-за появления трещин в стеклянных изоляторах. Поэтому во многих случаях производители отказываются от вертикально расположенных выводных контактов, если массо-габаритные показатели существенны. Однако для конечного пользователя установка DC/DC-преобразователя с горизонтальными выводами не всегда допустима из-за необходимости введения дополнительных технологических операций и увеличения площади посадочного места.

Общая герметизация корпуса гибридного DC/DC-преобразователя производится сваркой в печи-скафандре при высоких температурах в инертной среде с целью

снижения содержания паров воды, оказывающих разрушительное воздействие на внутренние медные проводники и сварные соединения.

Схемотехнические решения, применяемые в гибридных DC/DC-преобразователях, как правило, предусматривают минимум пассивных компонентов, размещенных внутри герметичного объема. Это связано не только со сложностью размещения большого числа компонентов, но и с необходимостью обеспечения устойчивости к вибрациям. Поэтому для большинства гибридных DC/DC-преобразователей необходимы внешние пассивные компоненты, увеличивающие габариты конечного изделия.

К достоинствам гибридных DC/DC-преобразователей можно отнести устойчивость к высоким температурам (до +185 °C, но чаще до +125 °C), потенциальную возможность обеспечения стойкости к воздействиям радиации, полную гальваническую изоляцию выходных цепей, включая цепи коррекции, а также фиксированную частоту преобразования [2].

К недостаткам допустимо отнести, в ряде случаев, необходимость использования внешних пассивных компонентов, а также введение операций ручного монтажа (при горизонтальном расположении выводов). Несомненно, основным минусом является высокая стоимость, обусловленная сложным технологическим процессом изготовления.

Лидерами в производстве гибридных DC/DC-преобразователей являются такие известные компании, как International Rectifier (IR), VPT, MDI и др.

**Технология поверхностного монтажа (SMT)**

DC/DC-преобразователи, изготовленные по SMT-технологии, имеют ряд черт, не присущих гибридным. В частности, при производстве SMT DC/DC-преобразователей (SMT-преобразователей) используются электронные компоненты в герметичных SMD-корпусах, которые устанавливаются на поверхность печатных плат в едином технологическом цикле. Это обстоятельство позволяет существенно увеличить объем производства и снизить издержки по сравнению с гибридной технологией [1].

Как уже было указано, в SMT вместо керамической подложки используется печатная плата из стеклотекстолита, что гораздо дешевле, но при этом имеется один существенный недостаток: высокая вероятность деформаций, обусловленная неравномерным нагревом/охлаждением ввиду низкой теплопроводности материала. Специалисты компании SynQor для сведения к минимуму вероятности деформаций добавили дополнительные металлизированные слои в печатную плату, которые обеспечивают перераспределение тепловой энергии, препятствуя локальному перегреву при температурах до +125 °C [4].

Помимо ощутимой финансовой привлекательности, SMT-преобразователи существенно выигрывают у гибридных по устойчивости к механическим повреждениям выводных контактов. Это обусловлено тем, что SMT подразумевает использование электронных ком-

Таблица. Основные технические характеристики DC/DC-преобразователей Mil-COTS

| Серия      | Диапазон входного напряжения, В | Выходное напряжение*, В                          | Максимальная выходная мощность, Вт | Частота преобразования, кГц | Диапазон рабочих температур, °C | КПД  | Примечание   | Тип корпуса |
|------------|---------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------|--|-------------|
| MCOTS-28   | 16–40                           | 1,2/1,5/1,8/2,5/3,3/5/7/7,5/12/15/24/28/40/48/50 | 30–510                             | 470–490                     | –55...+100                      | 0,95 | включение/выключение подачи ТТЛ-сигнала                        | НВ/QB/SB    |
| MCOTS-28E  | 16–70                           | 1,8/3,3/5/7,5/12/15/24/28/40/48/50               | 108–400                            | –                           |                                 | 0,95 |  | НВ/QB       |
| MCOTS-28V  | 9–40                            | 1,8/3,3/5/7/7,5/12/15/24/28/30/40/48/50          | 63–252                             | 260–290                     |                                 | 0,95 |  | НВ/QB       |
| MCOTS-28VE | 9–70                            | 1,8/3,3/5/7/7,5/12/15/24/28/30/40/48/50          | 83–252                             | 240–280                     |                                 | 0,95 |  | НВ/QB       |
| MCOTS-48   | 34–75                           | 1,2/1,5/1,8/2,5/3,3/5/7/7,5/12/15/24/28/40/48/50 | 30–600                             | 250                         |                                 | 0,95 |  | НВ/QB/SB    |
| MCOTS-270  | 155–425                         | 1,8/2,5/3,3/5/12/15/24/28/48                     | 54–600                             | 485–615                     |                                 | 0,89 | внешняя синхронизация; включение/выключение подачи ТТЛ-сигнала | FB/НВ/QB    |

Примечание. \* — значение выходного напряжения выбирается из ряда.

понентов в герметичных корпусах, поэтому им не требуется наличие внутренней полости с инертным газом, и следовательно, нет необходимости в применении стекла в качестве изолирующего и герметизирующего элемента выводов. Так, если один из контактов будет погнут, это не повлечет за собой разрушение всего устройства. Тем не менее для защиты от воздействия влаги SMT-преобразователи герметизируют, погружая печатную плату с установленными элементами в теплопроводный компаунд, который дополнительно выполняет функцию отвода избыточного тепла на корпус [1].

Одним из достоинств гибридных преобразователей являются малые массо-габаритные показатели, но следует учитывать, что при использовании SMT-технологии производители часто размещают внутри модуля DC/DC-преобразователя почти все необходимые пассивные компоненты, использующиеся во входных и выходных фильтрах, а также множественный дополнительный функционал. Поскольку в на-

стоящее время все применяемые электронные компоненты имеют миниатюрные размеры, при этом существующие технологии позволяют достигать высокой плотности монтажа, то габариты SMT-преобразователей существенно превосходят гибридные.

Схемотехнические решения, применяемые в SMT-преобразователях, равно как и в гибридных, нацелены на обеспечение высокой эффективности и надежности. Но при этом, как было указано выше, для них не требуется установка внешних пассивных компонентов.

Американская компания SynQor, продукция которой с успехом используется многими зарубежными и отечественными производителями электронной техники, выпускает высоконадежные DC/DC-преобразователи группы Mil-Qor для ответственных применений. В свою очередь, группа Mil-Qor состоит из двух подгрупп: Hi-Rel и Mil-COTS. DC/DC-преобразователи подгруппы Hi-Rel отличаются расширенным рабочим температурным диапазоном (–55...+125 °C) и повышенной

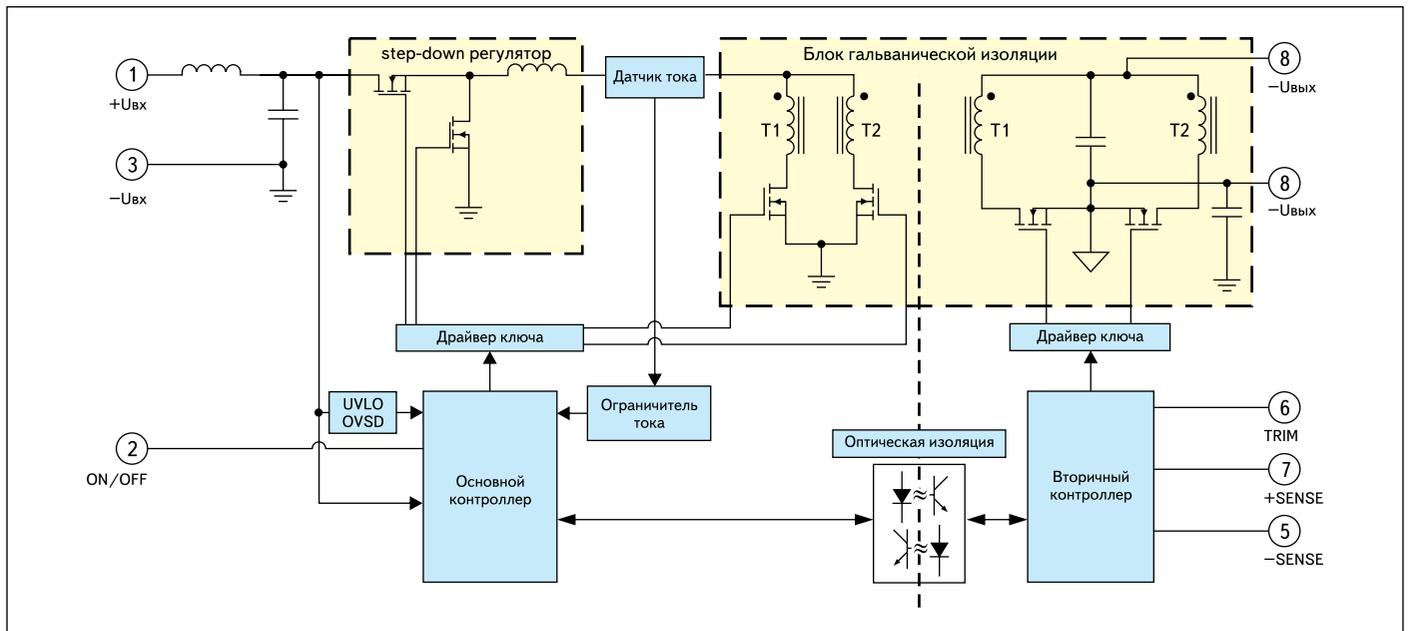


Рис. 1. Типовая структурная схема DC/DC-преобразователей Mil-COTS

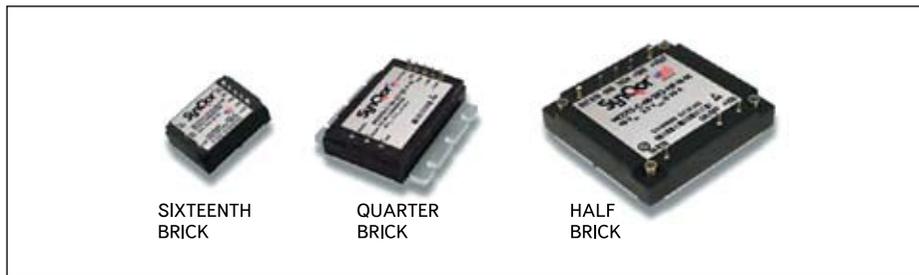


Рис. 2. DC/DC-преобразователи подгруппы Mil-COTS

надежностью, подчас превосходя по этому параметру многие гибридные преобразователи. Подгруппа Mil-COTS включает изделия, предназначенные в первую очередь для наземной военной техники и ответственных гражданских приложений (таблица) [4].

Во всех выпускаемых DC/DC-преобразователях компания SynQor применяет схему с двойной трансформацией, обеспечивающую высокую стабильность выходного напряжения в широком диапазоне рабочих температур эксплуатации (рис. 1). При этом КПД такого схемотехнического решения выше, чем у многих традиционных, используемых большинством производителей.

Конструктивно Mil-COTS выпускаются в пластиковых корпусах на металлическом основании со стандартным расположением

выводов, соответствующим большинству модулей питания промышленного исполнения (рис. 2).

Тем не менее в отличие от DC/DC-преобразователей промышленного применения Mil-COTS имеют более широкий диапазон рабочих температур, проходят 100% выходной контроль и жесткое тестирование на соответствие требованиям стойкости к внешним воздействующим факторам (механический удар, вибрация, перепады атмосферного давления и пр.), которые установлены стандартом MIL-STD-810 (ГОСТ РВ 20.39.304-98, ГОСТ РВ 20.57.306-98), а также требованиям устойчивости к импульсным помехам и динамическим изменениям напряжения, определенным в стандарте MIL-STD-704 (ГОСТ РВ 20.57.310-98,

ГОСТ В 24425-90, ГОСТ 19705-89, ГОСТ В 21999-86).

Удовлетворение жестким военным стандартам, низкая стоимость и малые сроки изготовления по сравнению с гибридными преобразователями делают изделия подгруппы Mil-COTS крайне привлекательными для применения в ответственных приложениях, таких как наземная военная техника, транспорт, гражданская авиация, нефтегазовая и горнодобывающая промышленность, в том случае, если цена имеет значение. ■

## Литература

1. Жданкин В. DC/DC-преобразователи для военных систем: гибридная технология или технология поверхностного монтажа на печатную плату // Современная электроника. 2008. № 4.
2. Звонарев Е. HI-REL DC/DC-преобразователи и сетевые фильтры International Rectifier // Силовая электроника. 2008. № 5.
3. Техническая документация по продукции International Rectifier. <https://ec.irf.com/v6/en/US/adirect/ir?cmd=eneNavigation&N=0+4294837238>
4. Никитин М. Высоконадежные DC/DC-преобразователи для применения в военной и транспортной технике // Компоненты и технологии. 2011. № 1.