

DC/DC-преобразователи для военных систем: гибридная технология или технология поверхностного монтажа на печатную плату?

Виктор Жданкин (Москва)

В статье рассмотрены основные требования к модулям DC/DC-преобразователей, которые созданы на основе компонентов и технологий, доступных на широком коммерческом рынке и способны во многих случаях заменить модули электропитания военного назначения, изготовленные по гибридно-плёночной технологии.

Применение изделий массового коммерческого производства на рынке высоконадёжных изделий и наоборот выгодно для обоих секторов, поскольку отражается на скорости производства и стоимости изделия.

Важно отметить изменение отношения к использованию компонентов общего назначения в оборонных и авиационно-космических применениях. В течение многих лет наблюдалось неприятие концепции использования компонентов и технологий, доступных на коммерческом рынке (Commercial Off-The-Shelf, COTS), однако появилось множество аргументов в её пользу.

Было бы наивно предлагать COTS-продукты для всех военных приложений, и даже их яростный сторонник мог бы привести сильные доводы против применения специальных устройств в тех случаях, когда не существует альтернативы COTS. К определению качества изделий, предназначенных для военных приложений, необходимо подходить очень осторожно. В частности, это относится к тем случаям, когда рассматриваемыми устройствами являются DC/DC-преобразователи. Основные принципы DC/DC-преобразования хорошо описаны и находят применение в изделиях, предназначенных для использования на вертикальных рынках. Поэтому использование этих принципов не создаёт проблем для поставщиков специализированных изделий, соответствующих определённым электрическим параметрам.



Рис. 1. Типичный COTS-преобразователь (модуль серии MTC компании XP Power), выполненный с использованием «этажерки» из печатных плат

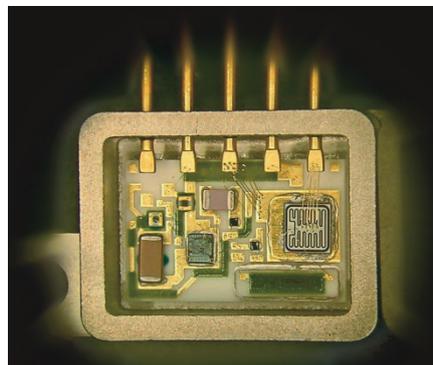


Рис. 2. Гибридный преобразователь с проводниками и проволочными соединениями, которые необходимо защитить (вид перед установкой крышки)

DC/DC-преобразователи, предназначенные для применения в изделиях военной техники, должны отвечать:

- требованиям к электромагнитным помехам, установленным действующим в США военным стандартом MIL-STD-461E (ГОСТ В 25803-91);
- требованиям устойчивости к импульсным помехам и динамическим изменениям напряжения электропитания, оговоренным военными стандартами MIL-STD-1275 и 704 (ГОСТ РВ 20.57.310-98, ГОСТ В 24425-90, ГОСТ 19705-89, ГОСТ В 21999-86);
- требованиям стойкости к внешним воздействующим факторам, таким как механический удар, вибрация, атмосферное давление и соляной (морской) туман, которые установлены стандартом MIL-STD-810 (ГОСТ РВ 20.39.304-98, ГОСТ РВ 20.57.306-98).

Удовлетворение техническим требованиям заказчика без необходимости применения дополнительных компонентов при сохранении всех преимуществ концепции COTS является очевидным преимуществом законченного изделия.

Главное преимущество COTS-изделий – снижение себестоимости, поскольку при производстве изделия в массовых объёмах с использованием коммерчески доступных компонентов и типовых технологических процессов можно получить экономию средств, обусловленную ростом масштабов производства. Для преобразователей, созданных по гибридно-плёночной технологии, такая экономия невозможна. Но существуют и другие проблемы. Физические параметры, такие как габариты и вес, играют важную роль при выборе изделий. При производстве гибридно-плёночных модулей успешно применяются бескорпусные компоненты, которые обеспечивают более плотную компоновку и улучшают рассеивание тепла.

Технические характеристики DC/DC-преобразователей одинаковой мощности, выполненных по различным технологиям

Параметр	15-Вт модуль COTS	15-Вт гибридный преобразователь
Диапазон входных напряжений, В	15...40	16...40
Диапазон рабочих температур, °С	-55...+100	-55...+125
Фактическая выходная мощность, Вт	15	12
Размеры основания, мм	40 × 26	37 × 28,7
КПД, %	81	76
Объём, мм ³	10 088	8917
Пульсация выходного напряжения, мВ	60	80
Герметизация	Компаунд	Герметичный корпус, заполнение инертным газом
Внешняя обратная связь	Есть	Нет
Расчётное значение времени между отказами (MTBF) по MIL-HDBK-217F; температура +55°С, приборные отсеки самолётов, ч	458 000	457 000
Время реализации заказа, недели	6	16
Цена, долл. США	176	325

Это, в свою очередь, может привести к уменьшению габаритов модуля.

В технической информации производителей отсутствуют сведения о необходимых внешних компонентах, которые значительно проще ввести в конструкцию COTS-преобразователей благодаря применению нескольких печатных плат и объёмной конструкции (см. рис. 1). Например, цепи накопительного конденсатора и дросселя, которые невозможно установить на подложке, требуют надёжного соединения внутри ограниченного объёма гибридно-плёночного модуля, поэтому их необходимо располагать вне корпуса.

С другой стороны, в конструкции COTS-изделий часто используются новые технологии (например, планарные магнитные компоненты), предназначенные для защиты от электрических помех, но при этом все компоненты устанавливаются внутри корпуса.

Любой специалист, знакомый с особенностями производства изделий для военной техники, знает, что применение защитного покрытия является стандартным для гибридных преобразователей. Однако конструкция гибридных преобразователей не приспособлена для применения герметизирующего компаунда (см. рис. 2). Для обеспечения защиты от воздействия внешней среды часто применяется уплотнение корпуса стеклом или керамикой. Однако герметичность корпуса может быть нарушена в процессе производства, испытаний или компоновки; иногда герметичность шва нарушается, а бескорпусные компоненты и другие незащищённые поверхности гибридно-плёночного изделия весьма подвержены коррозии. Способ герметизации стеклом или керамикой также применяется для изоляции выводов металлического корпуса, что

приводит к усложнению производственных процессов.

Модули COTS, предназначенные для высоконадёжных приложений, полностью герметизированы компаундом, что обеспечивает долговременную целостность изделий и успешное прохождение жёстких испытаний на стойкость к соляному (морскому) туману согласно MIL-STD-810F (ГОСТ РВ 20.57.306-98).

Наряду с защитой от ударов, вибрации и соляного тумана, компаунд обеспечивает хорошую теплопроводность и позволяет отвести тепло на поверхность корпуса. Как правило, гибридные преобразователи характеризуются значением максимальной рабочей температуры +125°С, в то время как COTS-преобразователи обычно ограничены максимальной температурой основания корпуса +100°С, что обусловлено несогласованностью температурных коэффициентов расширения печатной платы и установленных на ней компонентов. В том случае, когда в аппаратуре требуется обеспечить полную мощность при температуре +125°С, способы отвода тепла, предлагаемые конструкцией гибридных преобразователей, могут обеспечить их преимущество перед COTS-модулями.

Применение коммерческих компонентов в военных системах подобно передаче технологии, первоначально разработанной для высоконадёжных применений, на рынок товаров массового производства в коммерческих приложениях. Однако есть сомнение в том, что DC/DC-преобразователи, предназначенные для военных применений, и традиционные коммерческие компоненты, разработанные для массового IT-рынка, имеют существенные различия (см. таблицу).

В конечном счёте COTS-изделия отличаются от гибридных преобразова-

телей по стоимости и сроку исполнения заказа. Применение COTS-изделий даёт двухкратную экономию по этим показателям по сравнению с применением модулей, созданных по гибридно-плёночной технологии. Это может вызвать вопросы, связанные с качеством, надёжностью и применением изделий. Однако такие факторы, как хорошая конструкция, понимание основных требований к изделиям и развитие технологии производства, способствуют созданию изделий, которые соответствуют требованиям военных приложений, сохраняя концепцию COTS.

В заключение необходимо отметить, что проблемы внедрения коммерческих модулей электропитания в производство изделий военной техники обсуждались в работе [1], а существующая нормативная база в области применения в военной технике иностранной и отечественной «гражданской» электроники, а также проблемы практического применения установленных процедур рассмотрены в [2]. В работе [3] обоснованы сложившиеся в Российской Федерации тенденции применения в ракетно-космической технике и смежных отраслях промышленности новейших образцов зарубежной компонентной базы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукин А.В. Использование коммерческих источников питания в военной технике. Электронные компоненты. 2002. № 6.
2. Кобзарь Д. Процедурные вопросы применения электронных средств в военной технике: нормативная база и правда жизни. Современные технологии автоматизации. 2007. № 3.
3. Данилин Н., Белослудцев С. Проблемы применения современной индустриальной электронной базы иностранного производства в ракетно-космической технике. Современная электроника. 2007. №7. ©