

Высоконадежные DC/DC-преобразователи для применения в военной и транспортной технике

Михаил НИКИТИН
nmn@ranet.ru

В статье рассматриваются области применения и основные черты гальванически изолированных DC/DC-преобразователей группы MilQor компании SynQor, предназначенных для применения в военной и транспортной технике. Автор затрагивает вопросы, связанные с конструктивными особенностями и базовыми схмотехническими решениями. Дополнительно производится оценка экономических показателей и ограничений при применении в российской военной технике.

В России оборонным предприятиям отводится самая значимая роль в высокотехнологичном секторе промышленности, ведь обороноспособность такого территориально-протяженного государства, как Россия, зависит от качества технического оснащения армии и флота. При этом не стоит забывать о том, что многие передовые технологии, используемые в повседневной жизни, изначально создавались именно для изделий спецприменения. Сегодня военно-промышленный комплекс (ВПК) России представляет совокупность научно-исследовательских и образовательных центров, производственных фабрик и заводов, активно использующих зарубежный опыт в сочетании с импортом сырья и комплектующих изделий. Безусловно, к импортной продукции применяются жесткие требования, такие как высокая отказоустойчивость, технологичность, расширенный функционал, унификация, наличие сертификатов.

При этом особо стоит отметить недопустимость применения импортной продукции в том случае, если у нее имеются отечественные аналоги. Для конструкторов и разработчиков, в особенности занимающихся проектированием электронных приборов, эта «недопустимость применения» подчас становится камнем преткновения при выборе комплектующих изделий, в частности встраиваемых DC/DC-преобразователей.

Многие зарубежные и отечественные производители DC/DC-преобразователей ориентируют часть своих выпускаемых изделий на применение в оборонной продукции. Например, американская компания SynQor (www.synqor.ru) производит изделия группы MilQor для военной и высоконадежной транспортной техники. Группа MilQor состоит из двух подгрупп (Mil-COTS и Hi-Rel), имеющих существенные конструктивные и функциональные отличия [1].

Конструкция

DC/DC-преобразователи подгруппы Hi-Rel (далее именуемые Hi-Rel преобразователями) предназначены для применения в военной технике, их отличает инновационная технология корпусирования QorSeal и ряд схмотехнических решений, обеспечивающих высокую надежность в широком температурном диапазоне эксплуатации (от -55 до +125 °C).

Основу конструкции полноразмерного Hi-Rel преобразователя, выполненного по технологии QorSeal, составляет цельнометаллический корпус из алюминия с защитным никелевым покрытием, обеспечивающим защиту от атмосферных воздействий, слабых органических кислот, растворов солей и щелочей (рис. 1). Для еще большего защитного эффекта на никелевое покрытие гальванически наносится тонкий слой золота [2].

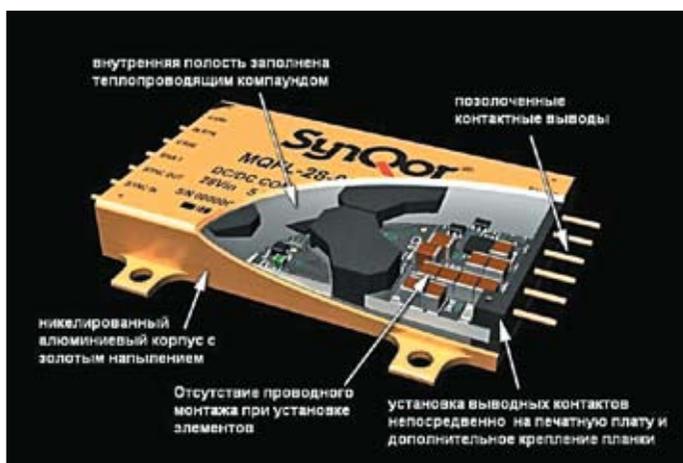


Рис. 1. Корпус Hi-Rel преобразователя, выполненный по технологии QorSeal

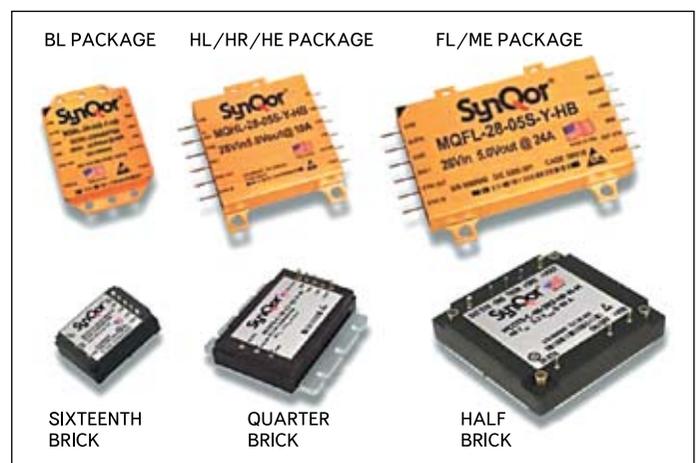


Рис. 2. Конструктивное исполнение преобразователей группы MilQor

На рис. 1 показано, что печатная плата (ПП) Hi-Rel преобразователя не имеет непосредственного контакта с цельнометаллическим корпусом, поскольку ее крепление осуществляется за счет боковых П-образных планок, выполненных из полимерного материала. После размещения ПП в корпусе сборка фиксируется четырьмя шпильками. Стоит отметить, что боковые П-образные планки также обеспечивают фиксацию выводных электрических контактов и выполняют функцию боковых стенок Hi-Rel преобразователя.

Технология QorSeal предусматривает процедуру герметизации Hi-Rel преобразователей, которая производится путем заполнения теплопроводным компаундом внутренней полости. Компаунд подается под небольшим давлением через технологическое отверстие в корпусе, обеспечивая герметизацию и отвод тепла от компонентов. После затвердевания вытекший компаунд удаляется, а поверхность Hi-Rel преобразователя полируется с последующим нанесением на нее маркировки [2].

Особо стоит упомянуть о самой печатной плате. В Hi-Rel преобразователях специалисты SynQor отказались от электролитических и танталовых конденсаторов, а силовые полупроводниковые компоненты использовали исключительно в компактных корпусах. С одной стороны, это позволило добиться устойчивой работы в широком диапазоне температур эксплуатации, а с другой — обеспечило снижение габаритов. Однако использование силовых полупроводниковых компонентов

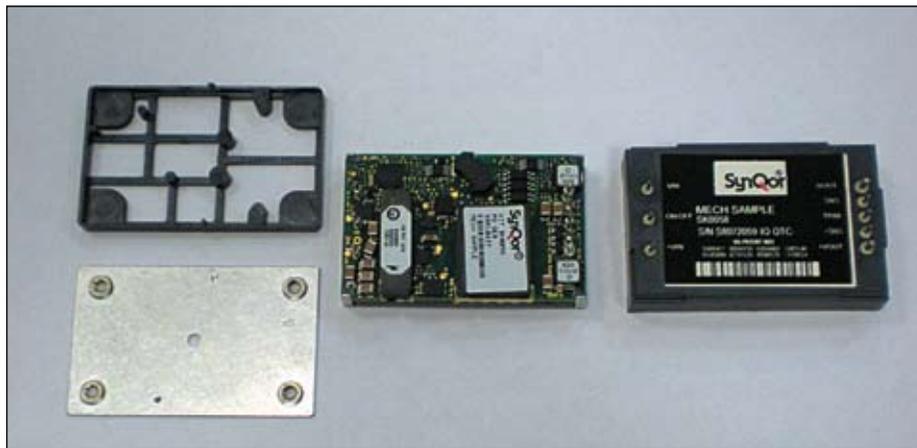


Рис. 3. Составные части Mil-COTS преобразователя

в компактных корпусах обозначило проблему локального перегрева, а применение исключительно керамических конденсаторов привело к значительному увеличению числа компонентов. Все это подтолкнуло к использованию многослойной ПП, которая позволила увеличить плотность монтажа электронных компонентов, а с помощью дополнительных металлизированных слоев решить проблему локального перегрева за счет перераспределения тепловой энергии, при этом собственно съем тепла производится за счет теплопроводного компаунда.

В отличие от Hi-Rel, DC/DC-преобразователи подгруппы Mil-COTS (далее именуемые Mil-COTS) имеют упрощенную конструкцию (рис. 2). Так, вместо цельнометаллического корпуса применяется сборный

пластиковый с алюминиевой пластиной в качестве нижней стенки (габариты корпуса, расположение и назначение контактов стандартны). Сборный пластиковый корпус состоит из трех частей: пластиковой подставки, алюминиевой пластины (имеются модели с фланцами) и пластиковой крышки (рис. 3). При сборке внутри пластиковой крышки размещают ПП с установленными электронными компонентами, затем сверху вкладывают пластиковую подставку, обеспечивающую электрическую изоляцию ПП от металлических частей корпуса, а в завершение закрывают сборку алюминиевой пластиной, имеющей четыре монтажных резьбовых отверстия и одно технологическое.

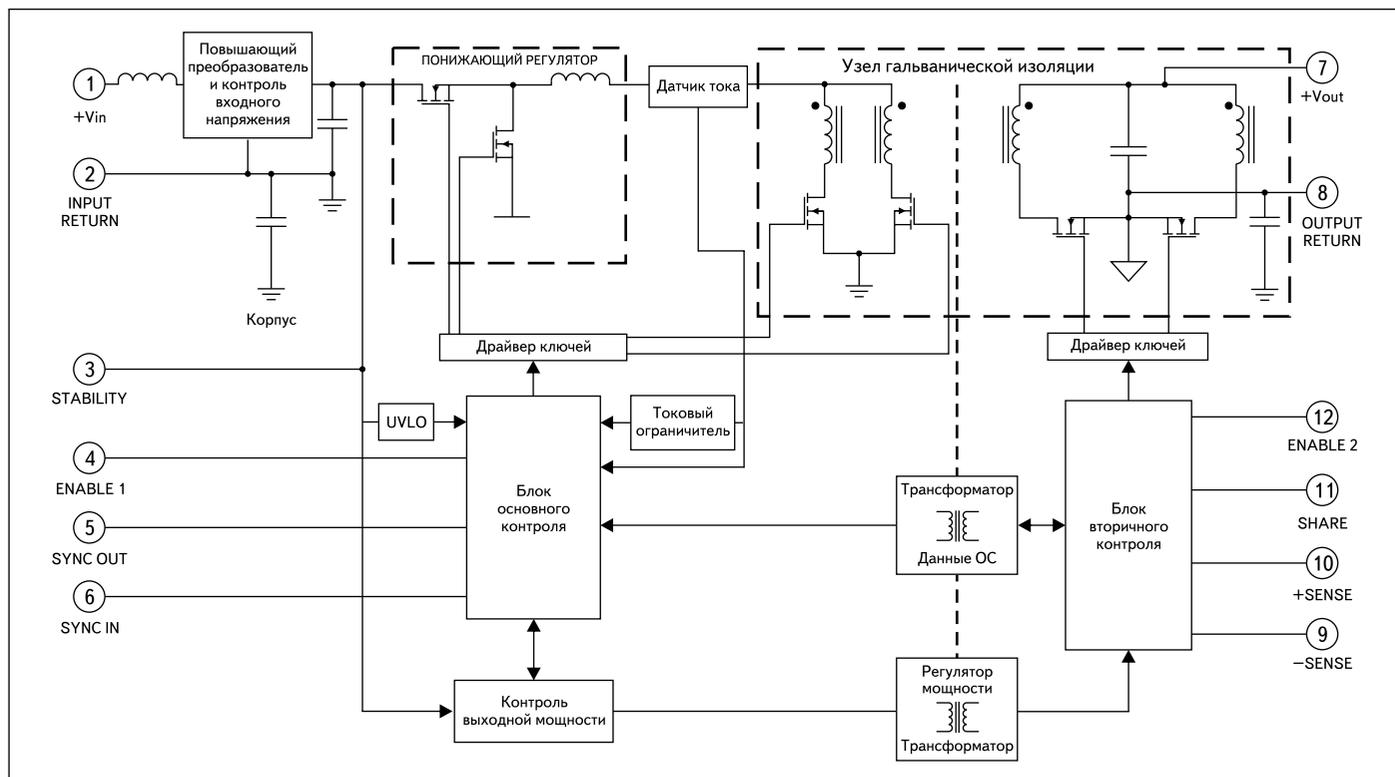


Рис. 4. Структурная схема Hi-Rel преобразователя



Рис. 5. Внешний вид Hi-Rel преобразователя



Рис. 6. Внешний вид Mil-COTS преобразователя

Герметизация и фиксация составных частей корпуса производится путем заполнения внутренней полости Mil-COTS кремний-органическим теплопроводным клеем через технологическое отверстие в алюминиевой пластине. Печатная плата Mil-COTS изготовлена по технологии, применяемой в производстве Hi-Rel преобразователей, но при этом ее схемотехническое решение имеет некоторые отличия [2].

Схемотехника

Во всех гальванически изолированных DC/DC-преобразователях SynQor реализована двухступенчатая схема преобразования. На первой ступени производится понижение входного напряжения до некоторого базисно-

Таблица. Сравнение основных технических параметров Hi-Rel и Mil-COTS преобразователей

Серия	Диапазон входного напряжения, В	Выходное напряжение ¹ , В	Максимальная выходная мощность, Вт	Частота преобразования, кГц	Диапазон температур эксплуатации, °С	КПД	Примечание	Тип корпуса			
Hi-Rel преобразователи											
MQFL-28	16–40	1,5/1,8/2,5/3,3/5/6/7,5/9/12/15/28/ ±5/±12/±15	60–120	500–600	–55...+125	0,91	2, 3, 4	FL/ME			
MQFL-28E	16–70		60–120			0,9	2, 3, 4	FL/ME			
MQFL-28V	16–40		60–102			0,9	2, 3, 4	FL/ME			
MQFL-28VE	16–70		60–100			0,9	2, 3, 4	FL/ME			
MQFL-270	155–400		60–120			0,88	2, 3, 4	FL/ME			
MQFL-270L	65–350		60–75			0,86	2, 3, 4	FL/ME			
MQHL-28	16–40		30–50			0,91	2, 4	HL/HE			
MQHL-28E	16–70		30–50			0,9	2, 4	HL/HE			
MQHR-28	16–40		15–25			0,91	2, 4	HR/HE			
MQHR-28E	16–70		15–25			0,9	2, 4	HR/HE			
MQBL-28	16–40		12–20			0,91	2, 4	BL			
MQBL-28E	16–70		12–20			0,9	2, 4	BL			
Mil-COTS преобразователи											
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	4	HB/QB/SB
MCOTS-28E	16–70	1,8/3,3/5/7,5/12/15/24/28/40/48/50	108–400	–	0,95	4	HB/QB				
MCOTS-28V	9–40	1,8/3,3/5/7,5/12/15/24/28/30/40/48/50	63–252	260–290	0,95	4	HB/QB				
MCOTS-28VE	9–70	1,8/3,3/5/7,5/12/15/24/28/30/40/48/50	83–252	240–280	0,95	4	HB/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	4	HB/QB/SB				
MCOTS-270	155–425	1,8/2,5/3,3/5/12/15/24/28/48	54–600	485–615	0,89	2, 4	FB/HB/QB				

Примечание: 1 — значение выходного напряжения выбирается из ряда; 2 — внешняя синхронизация; 3 — выравнивание токовой нагрузки; 4 — включение/выключение подачей TTL сигнала.

го уровня, на второй — базисное напряжение повышается или понижается до требуемого значения и обеспечивается гальваническая изоляция выходных силовых цепей. При этом с помощью внешних резисторов допускается подстройка выходного напряжения в пределах $\pm 10\%$ от номинала. Стоит отметить, что в DC/DC-преобразователях имеется встроенный ЕМИ-фильтр [3], а также предусмотрена защита от перегрузок в первичной цепи и короткого замыкания в цепи нагрузки.

В структурной схеме Hi-Rel преобразователя (рис. 4) присутствуют элементы, прямо указывающие на ряд отличий в сравнении с Mil-COTS: полная гальваническая изоляция выходных цепей (в Mil-COTS применена оптическая изоляция несилловых линий); узел предварительного усиления, обеспечивающий работу при пониженном входном напряжении (серии 28V и 28VE); субблок внешней синхронизации с функцией уравнивания выходного тока для равномерной нагрузки параллельно подключенных преобразователей (в Mil-COTS данная функция доступна по заказу).

Благодаря примененным схемотехническим решениям удалось добиться высоких показателей надежности, стабильности работы, устойчивости к внешним воздействиям и высокой эффективности.

Основные технические параметры

После рассмотрения особенностей конструктивных и схемотехнических решений, примененных в Hi-Rel и Mil-COTS преобразователях (рис. 5, 6), обратим внимание на их основные технические параметры (таблица).

Экономические показатели

Как правило, для производителей и разработчиков оборонной продукции финансовые затраты носят второстепенный характер, но все же при выборе между функционально аналогичными компонентами предпочтение отдается менее дорогостоящим. Если проводить сравнение стоимости Hi-Rel и Mil-COTS преобразователей, то, безусловно, первые будут дороже в среднем на 30–35%. Но самое важное, что при этом 1 Вт мощности преобразователей Mil-COTS в среднем на 5–20% ниже, чем у ближайших конкурентов.

Ограничения в применении

Распоряжением государственного департамента США Hi-Rel преобразователи запрещено поставлять в Россию, если планируется их использование в составе атомного, химического или бактериологического оружия, а также в средствах его доставки.

Литература

1. Никитин М., Тузов А. Высокоэффективные DC/DC-преобразователи компании SynQor // Электроника: НТБ. 2010. № 6.
2. SynQor's High-Reliability 28V DC/DC Converters for Military Applications Offer Extended Input Range [Electronic resource] // SynQor. Buxborough. 2009. Mode of access — http://www.synqor.com/company-press.html?releaseName=MQFL_28V_PR.html&releaseType=us&releaseYear=2009
3. EMI Characteristics [Electronic resource] // SynQor. Buxborough. 2002. Mode of access — http://www.synqor.com/documents/appnotes/appnt_EMI_Characteristics.pdf