

# НОВЫЕ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОТ TDK-LAMBDA: БЕЗОТКАЗНОЕ ЗВЕНО ДЛЯ НАДЕЖНЫХ СИСТЕМ

Е. Рабинович

УДК 621.314.1  
БАК 05.27.00

Приборостроение военного назначения – это особый сектор промышленности, который всегда отличался повышенными требованиями и специфическими критериями в отношении выпускаемой продукции. Поэтому именно в этой сфере возникает необходимость в комплектующих соответствующего качества. Надежностью и безотказностью должны обладать буквально все элементы проектируемой системы, и, безусловно, одной из главных составляющих является звено электропитания. А вследствие специфики архитектуры распределения питания и, как правило, наличия источников накопления энергии значительный спрос создается именно на преобразователи постоянного тока.

**Т**ак как основных производителей таких устройств немного, специалисты-разработчики часто сталкиваются со сложностями при подборе необходимой базы комплектующих. Мировой лидер в производстве промышленных источников питания – компания TDK-Lambda – поставил перед собой цель облегчить эту задачу и расширил ассортимент высоконадежных DC-DC преобразователей вышедшей в 2016 году линейкой HQA, о которой вы подробнее узнаете из этой статьи.

Представленный на рис.1 внешний вид конвертеров вполне типичен для модулей формата Quarter Brick, ориентированных на применения типа MIL-COTS.

Как показано на рисунке, существуют два варианта корпусов, которые отличаются профилем основания. Это дает возможность разработчикам найти наиболее приемлемый и оптимальный способ крепления теплоотводящего основания к корпусу или радиатору и тем самым обеспечить хороший тепловой контакт. Опция с фланцевой подложкой имеет габариты 60,6×55,9×12,7 мм, модели без фланцев соответствуют стандартному формату Quarter Brick с размерами 60,6×39×12,7 мм.

Корпус прибора имеет герметичную комбинированную 2-компонентную заливку: большая часть пространства заполняется силиконсодержащим компаундом с высокими изоляционными и вибростойкими свойствами. В пространство между компонентами, подверженными повышенному нагреву, и алюминиевой платформой добавляется материал, имеющий почти в 10 раз более низкое тепловое сопротивление. Эта трудоемкая и недешевая производственная операция – вынужденная мера для обеспечения более сбалансированного и равномерного теплообмена и дополнительной защиты от перегрева.

На данный момент линейка HQA представлена модулями с выходными напряжениями 12, 24, 28 и 48 В и обеспечивающими выходную мощность 120 Вт. Рабочий диапазон входного напряжения – от 10 до 40 В, для 48-вольтовых моделей – от 18 до 40 В. При этом модули выдерживают кратковременное перенапряжение до 50 В (в течение 1 с). Набор стандартных функций включает дистанционное включение-выключение, подстройку выходного напряжения с помощью внешнего резистора и функцию удаленной обратной связи для моделей 12 и 24 В. Дистанционное включение имеет логику отрицательного типа: при сигнале низкого уровня (на выводе "On/Off" относительно



Рис.1. Внешний вид DC-DC преобразователей серии HQA

вывода "-V") или при закороченных выводах модуль находится во включенном состоянии, а при высоком уровне сигнала или открытых выводах – соответственно, выключается. Подстройка напряжения осуществляется внешним резистором или потенциометром, которые подключаются между выводами "Trim" и одним из выводов "Sense".

С рекомендуемой схемой подключения можно ознакомиться на рис.2, а номера выводов и их назначение описаны в табл.1. На рисунке показан один из вариантов соединения модуля. Необходимо понимать, что такие компоненты, как C1, L1, C3, C4, являются опциональными и их необходимость зависит от жесткости требований по электромагнитной совместимости. А включение в схему R<sub>вкл</sub> и R<sub>подстр</sub> зависит от того, будут ли задействованы вышеупомянутые функции дистанционного включения и подстройки выходного напряжения.

Конвертеры имеют также набор функций защиты: отключение выхода при превышении максимального

Таблица 1. Описание выводов преобразователя серии HQA

Вывод	Краткое обозначение	Функция
1	+V <sub>in</sub>	Положительный вывод входного питания
2	On/Off	Вывод функции дистанционного включения/выключения
3	-V <sub>in</sub>	Отрицательный вывод входного питания
4	-V <sub>o</sub>	Отрицательный вывод выходного напряжения
5	-Sense	Отрицательный вывод выносной обратной связи
6	Trim	Вывод подстройки выходного напряжения
7	+Sense	Положительный вывод выносной обратной связи
8	+V <sub>o</sub>	Положительный вывод выходного напряжения

напряжения, ограничение выходного тока в условиях превышения нагрузки или короткого замыкания, а также отключение при превышении допустимой температуры на критических силовых компонентах. При этом все виды защит обладают логикой самовосстановления, то есть устройство возвращается к нормальной работе при устранении источника нештатного состояния.

Блок-схема устройства приведена на рис.3. В качестве топологии для модулей выбрана изолированная прямая схема, хорошо известная под названием Forward Converter, но в данном случае разработчиками добавлена активная схема перезаряда трансформатора (active clamp

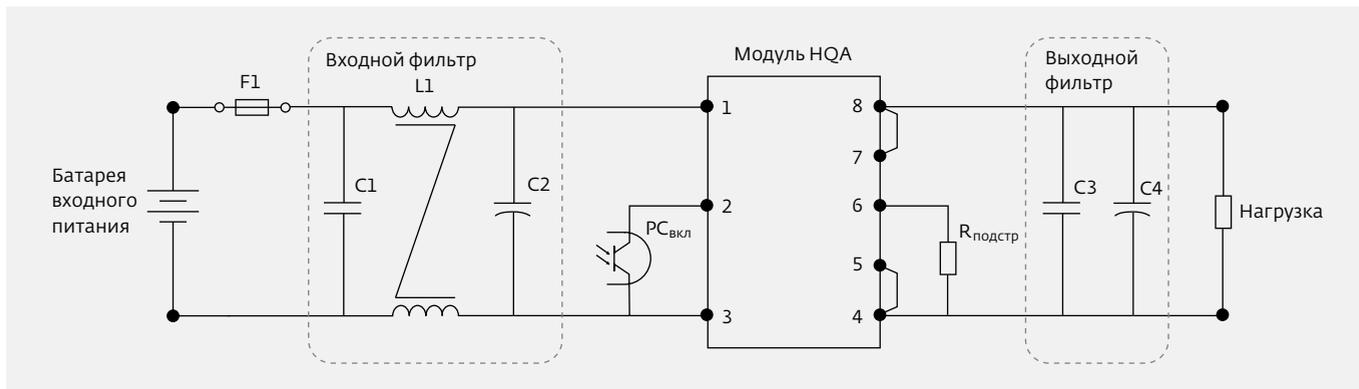


Рис.2. Схема подключения преобразователя серии HQA

transformer reset). Такая схема позволяет значительно (почти в 2 раза) уменьшить максимальное напряжение на главном транзисторе (Q1) (в момент его закрытия) и таким образом сделать переключение более "мягким". Основные элементы данной схемы – это конденсатор  $C_{cl}$  и дополнительный транзистор  $Q_{cl}$ , который коммутирует цепь, позволяя сбрасывать накопленную энергию намагничивания трансформатора и создавая обратное направление магнитного потока. Как результат, минимизируется вероятность работы трансформатора TR1 в режиме насыщения, уменьшается стресс на главном ключе Q1, а главное – увеличивается общий КПД преобразователя.

Для увеличения надежности в подобных решениях иногда используется ограничение максимальной скважности импульсов для того, чтобы главный трансформатор работал в своей рабочей зоне, не входя в уже упомянутый режим насыщения. В схеме HQA такая защита обеспечивается с помощью непосредственного измерения тока намагничивания в цепи  $Q_{cl}$ . Такое решение позволяет избежать нежелательных последствий в обеспечении стабильности работы обратной связи, которые возникают при ограничении регулирования ШИМ-сигнала. Еще одной мерой повышения надежности является сигнал о нагреве сердечника и транзистора Q1, который поступает от отдельного термодатчика и сравнивается микроконтроллером с его допустимыми значениями.

Обратная связь и формирование сигнала ШИМ (PWM), в отличие от подавляющего большинства импульсных преобразователей, обеспечиваются аналоговым микроконтроллером во вторичной части схемы. В первичную

часть сигнал проходит через миниатюрный разделительный трансформатор  $TR_{cont}$ , который также позволяет избежать применения традиционно используемых оптронных диодов. Это повышает надежность и стабильность работы устройства, особенно при различных температурных и радиационных условиях.

Эффективность схемы также повышена за счет замены выпрямительных силовых элементов с пассивного на активный тип, при этом все активные переключатели управляются аналоговыми микроконтроллерами, расположенными в первичной и вторичной частях схемы, без использования относительно сложных внешних схем драйверов, что экономит внутреннее пространство, упрощает архитектуру и минимизирует временные задержки. При этом для увеличения надежности монтажа и эксплуатации модулей использованы микросхемы поверхностного монтажа стандарта TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package) вместо популярного на сегодняшний день и широко используемого корпуса QFN (Quad-Flat No-Leads).

Процесс производственных испытаний изделий HQA направлен на выявление преждевременных отказов и качества сборки и делится на два типа: стандартная программа (категория "S") и программа тестирования повышенной жесткости (категория "M").

При стандартной программе после прохождения визуальной инспекции каждый модуль проходит высоковольтный тест на прочность изоляции, при котором на его выводы со стороны входа и выхода подается 2250 В постоянного тока.

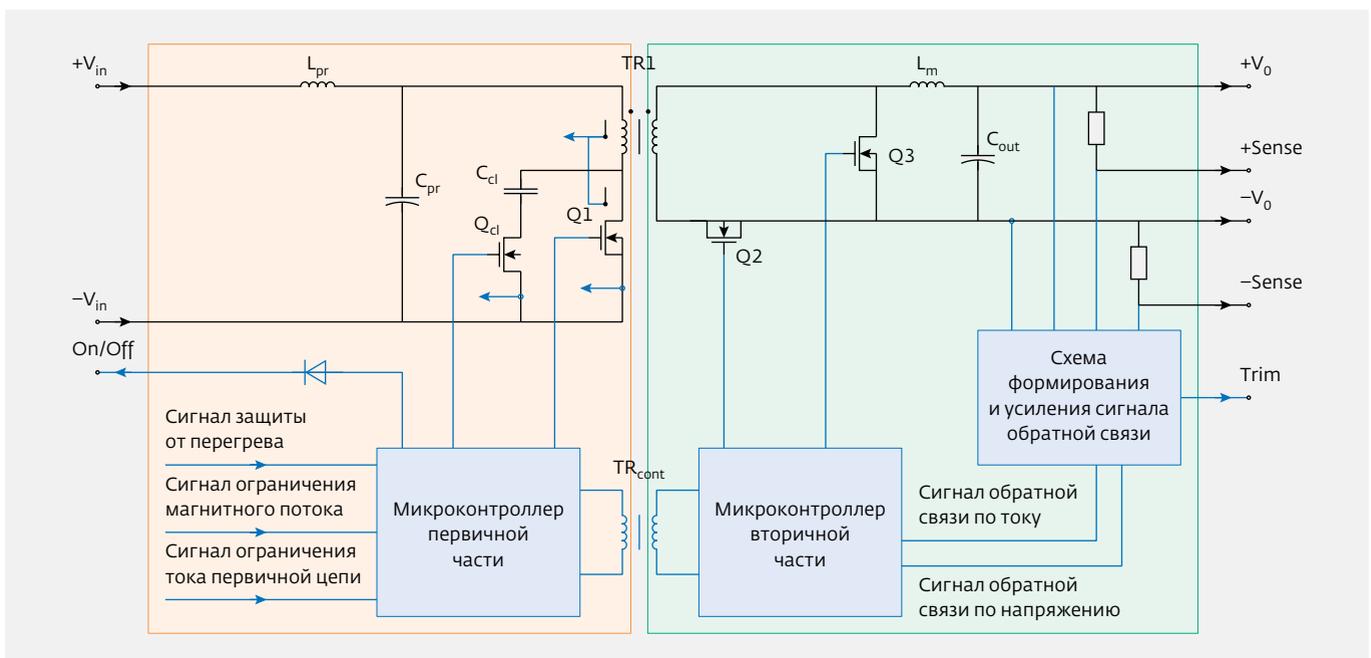


Рис.3. Блок-схема преобразователя серии HQA



Для реально жёстких условий

Высокоэффективные источники питания серии HQA мощностью 85 и 120 Вт промышленного и военного назначения с широким диапазоном входных напряжений и работой при температурах  $-40...+115^{\circ}\text{C}$  и  $-55...+115^{\circ}\text{C}$



## **Symmetron**

МОСКВА  
Ленинградское шоссе, д. 69, к. 1  
Тел.: +7 495 961-20-20  
moscow@symmetron.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
ул. Таллинская, д. 7  
Тел.: +7 812 449-40-00  
spb@symmetron.ru

НОВОСИБИРСК  
ул. Блюхера, д. 716  
Тел. +7 383 361-34-24  
sibir@symmetron.ru

МИНСК  
ул. В. Хоружей, д. 1а, оф. 507  
Тел. +375 17 336-06-06  
minsk@symmetron.ru

[www.symmetron.ru](http://www.symmetron.ru)

Таблица 2. Модельный ряд серии HQA

Модель	Диапазон входного напряжения	Выходное напряжение	Выходной ток	Наличие фланца	Программа испытаний
HQA2W120W120V-007-S	9-40	12	10	Да	Стандартная
HQA2W120W120V-007-M	9-40	12	10	Да	Расширенная
HQA2W120W120V-N07-S	9-40	12	10	Нет	Стандартная
HQA2W120W240V-007-M	9-40	24	5	Да	Расширенная
HQA2W120W240V-007-S	9-40	24	5	Да	Стандартная
HQA2W120W240V-N07-S	9-40	24	5	Нет	Стандартная
HQA2W120W280V-007-S	9-40	28	4,2	Да	Стандартная
HQA2W120W280V-007-M	9-40	28	4,2	Да	Расширенная
HQA2W120W280V-N07-S	9-40	28	4,2	Нет	Стандартная
HQA24W120W480V-007-S	18-40	48	2,5	Да	Стандартная

После этого во время функционального теста при выходной мощности 50 Вт и входном напряжении 40 В в температурной камере создаются перепады от 18 до 60°C со скоростью изменения от 15 до 30°C/мин и 18-минутной паузой в крайних точках.

Тренировочный цикл проходит при заданной температуре основания в 100°C в течение 24 ч. Нагрузка и интенсивность охлаждения при этом могут меняться и используются как факторы управляющего воздействия.

Проверка на рабочий температурный диапазон выполняется с тем, чтобы убедиться в надежности запуска преобразователей в крайних точках диапазона. С помощью термодары, закрепленной на теплоотводящей подложке в точке измерения температуры, устанавливают значение -40°C, затем +115°C и подают входное питание в нескольких точках диапазона напряжений.

Программа категории "М" отличается тем, что тренировочный цикл длится 96 ч вместо 24, функциональный тест включает перепады температур начиная от -20°C вместо +18°C, а запуск при температурных испытаниях происходит при -55°C вместо -40°C. Также данная программа включает дополнительный температурный тест во выключенном состоянии. При этом каждый модуль помещается в камеру, и выполняется 10 циклов изменения температуры от -65 до 100°C со скоростью 30°C/мин и 30-минутной паузой в крайних точках.

В соответствии с программой испытаний модули HQA120 можно заказать в двух опциональных исполнениях: "S-Grade" и "M-Grade" (соответственно литеры "М" и "S" в обозначении модели), как показано в табл.2.

Отличие данных исполнений заключается не только в программе заводских испытаний, но и в использовании компонентов, чувствительных к запуску при низких температурах. В исполнении "М" используются только микросхемы, одобренные производителем для запуска при температуре -55°C.

Серия также прошла испытания по влажности и вибростойкости в соответствии с MIL-STD-202G (метод 201A и 213B), удовлетворяет требованиям директивы RoHS2, сертифицирована по стандарту IEC/EN/UL/CSA 60950-1 и имеет маркировку CE в соответствии с директивами ЕС по низковольтному оборудованию. КПД каждой модели зависит от выходного тока и значения входного напряжения и имеет среднее значение 90%.

Благодаря своим характеристикам и проверенной испытаниями надежности модули HQA могут легко и успешно встраиваться в серийно выпускаемое промышленное оборудование, транспортные системы, устройства связи, а также в комплексы оборонного назначения. Конечно, для соответствия таких систем международным или национальным стандартам безопасности при трассировке плат необходимо выполнять требования к минимальным расстояниям утечки (creepage) и минимальным изоляционным воздушным промежуткам (clearance). Стоит добавить, что благодаря постоянной частоте коммутации модули имеют предсказуемый частотный спектр входных шумов и не требуют большого количества внешних компонентов. С более подробными характеристиками и результатами измерений можно ознакомиться в полной спецификации, доступной на странице [tdk-lambda.ru](http://tdk-lambda.ru) в разделе продукции DC-DC. ●

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ AC/DC • ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ DC/DC • ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ  
БЛОКИ ЗАРЯДКИ КОНДЕНСАТОРОВ • ФИЛЬТРЫ ЭМС/ЭМП

## Серия программируемых источников питания Z+



- Высота 2U
- Выходные мощности 200/400/600/800 Вт
- Встроенные интерфейсы RS-232/485, USB
- Опциональные интерфейсы LAN, GPIB, изолированные интерфейсы программирования
- Выходное напряжение до 650 В, ток до 72 А
- Гарантия 5 лет

Внесены в Госреестр СИ  
Соответствуют ТР ТС

EAC

## Серия программируемых источников питания Genesys

- 750, 1500, 2400 Вт модели высотой 1U
- 3300, 5000 Вт модели высотой 2U
- 10000, 15000 Вт модели высотой 3U
- Интерфейсы: RS-232/485, изолир. аналог. по току/напряжению GPIB, LAN — опционально
- Выходное напряжение до 1500 В, выходной ток до 1000 А
- КПД до 88%
- Гарантия 5 лет



## Серия программируемых источников ZUP



- 200, 400, 800 Вт
- Выходное напряжение до 120 В, ток до 132 А
- КПД до 86%
- Входное напряжение 85–265 В перем.
- Встроенный интерфейс RS-232/485
- Гарантия 3 года

Проектируя надежное электропитание

TDK-Lambda

 **ЮЕ-ИНТЕРНЕЙШНЛ**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA



[www.yeint.ru](http://www.yeint.ru)  
e-mail: [yesupport@yeint.ru](mailto:yesupport@yeint.ru)

Москва (495) 150-52-21  
Санкт-Петербург (812) 313-34-40  
Екатеринбург (343) 365-90-40

Новосибирск (383) 227-62-63  
Самара (846) 264-80-47  
Нижний Новгород (831) 220-59-64