

# Построение системы электропитания по принципу IBA для высоконадежной радиоаппаратуры. Почему бы и нет?

Сергей ВОРОБЬЕВ  
vorobyev@ranet.ru

**В статье рассмотрен вариант организации системы вторичного электропитания по принципу IBA (Intermediate Bus Architecture) предназначенный для ответственной радиоаппаратуры, а также представлены модули электропитания компании SynQor, которые могут быть использованы в качестве основы для построения.**

## Введение

Построение современной системы вторичного электропитания довольно трудоемкий и ресурсозатратный процесс. Перед разработчиками обычно ставится целый ряд задач и требований: обеспечить необходимые выходные напряжения и минимальные электрические потери, организовать гальваническую изоляцию, уменьшить массо-габаритные показатели системы и т. д. А если разрабатываемая аппаратура ориентирована на высоконадежный сегмент, то это предполагает еще более жесткие требования к конечному изделию, в частности к системе вторичного электропитания.

Сегодня ведущие мировые производители модулей и систем электропитания (SynQor, Rescom, TDK-Lambda, IR и т. д.) предлагают самую разнообразную современную элементную базу: модули вторичного электропитания, ЕМI-фильтры, POL-регуляторы, ориентированные на применение в различного рода аппаратуре, в том числе и высоконадежной. Переход на новую элементную базу позволит улучшить такие параметры, как диапазон входного напряжения, пульсации и шумы выходного напряжения, время наработки на отказ, уменьшение массо-габаритных показателей и т. д. Однако с учетом тенденций последних лет в части требований к системам электропитания таким способом не добиться существенного улучшения основных параметров — например, увеличения КПД всей системы и итогового уменьшения нагрузки на первичную сеть.

В данном случае необходим комплексный подход, предусматривающий новые решения для организации и построения архитектуры системы электропитания. Это предоставит

возможность перейти на качественно другой уровень, позволяющий создавать аппаратуру, которая будет отвечать самым современным мировым требованиям и тенденциям.

Одним из вариантов модернизации архитектуры системы вторичного электропитания является использование схемы построения с промежуточными шинами питания — Intermediate Bus Architecture (IBA).

## Что такое IBA? И зачем нужна промежуточная шина?

Intermediate Bus Architecture — довольно популярный вариант построения архитектуры электропитания, особенно для аппаратуры, в которой необходим большой набор номиналов выходных напряжений. Изначально данный тип построения разрабатывался для телекоммуникационного оборудования. Первые специализированные модули электропитания были анонсированы в 2002 году компанией SynQor [1] и сразу нашли довольно широкое применение.

Фактически IBA представляет собой многоуровневую модификацию децентрализован-

ной схемы построения электропитания, отличительной чертой которой является иерархичность и наличие промежуточной нестабилизированной шины питания (рис. 1).

Если система электропитания построена по принципу IBA, то ее можно условно разделить на три базовых этапа.

На первом этапе производится преобразование входного переменного напряжения в постоянное. Для этих целей используются либо высокоэффективные AC/DC-преобразователи, либо специализированные модули, обеспечивающие возможность подключения к сетям переменного тока DC/DC-преобразователей [2]. Данные модули, как правило, отвечают требованиям по электромагнитной совместимости и выполняют роль компенсатора реактивной мощности или корректора коэффициента мощности (ККМ) [2], что весьма актуально для мощных систем электропитания.

На втором этапе формируется промежуточная шина, постоянное напряжение понижается до более низкого уровня, при этом обеспечивается гальваническая изоляция выходных цепей. Для этих це-

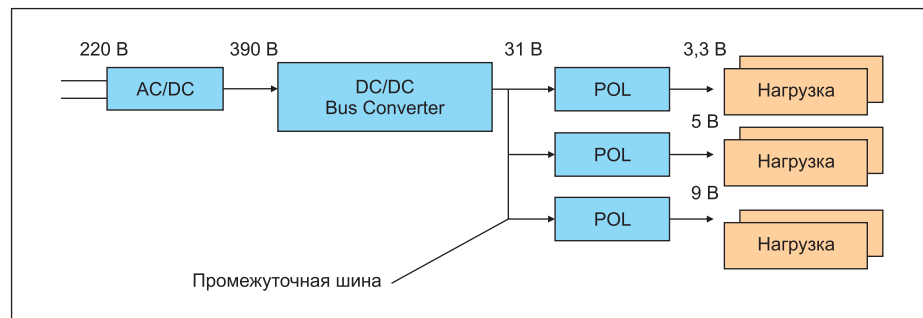


Рис. 1. IBA (Intermediate Bus Architecture) — схема электропитания с промежуточной шиной

лей предназначен нестабилизированный DC/DC-преобразователь (BUS-converter) — он работает по принципу импульсного трансформатора, фактически преобразует входное напряжение в выходное с определенным коэффициентом. BUS-converter обеспечивает гальваническую изоляцию выходных цепей, высокий КПД (более 95%) за счет отсутствия стабилизации выходного напряжения, а также необходимый уровень выходного напряжения, из которого на последующем этапе будут сформированы все требуемые уровни выходных оконечных напряжений.

На третьем этапе осуществляется формирование всех необходимых оконечных напряжений. Для этой цели обычно используются регуляторы POL (Point-Of-Load) — высокоэффективные источники питания без гальванической изоляции. Располагаются они непосредственно возле нагрузки. POL-регуляторы имеют небольшой диапазон входного напряжения, который компенсирует использование на предыдущем уровне нестабилизированного DC/DC-преобразователя.

Таким образом, формируется архитектура ИВА, позволяющая организовать довольно высокоэффективную систему электропитания с минимальными потерями и преимуществами перед традиционными подходами, среди которых можно выделить иерархичность и расширяемость, умеренную стоимость, высокую эффективность, малые габариты и вес. При этом хочется отметить, что основного эффекта удастся достичь за счет топологии и применения нестабилизированного DC/DC-преобразователя на этапе формирования промежуточной шины [3].

### Высоконадежная аппаратура и ИВА. Достоинства и недостатки

Ни для кого не секрет, что с учетом последних тенденций развития радиоаппаратуры для ответственных задач и применений происходит существенное увеличение доли вычислительной элементной базы. Практически в каждом вычислительном модуле используются такие компоненты, как цифровые сигнальные процессоры (DSP), ПЛИС, модули памяти, микросхемы приемопередающих интерфейсов и т. д. Применение подобной элементной базы ведет к тому, что низковольтные нагрузки получают все большее распространение, причем характер нагрузки может быть как линейный, так и импульсный.

Подобный ход событий предъявляет все новые требования к архитектуре системы электропитания, а также к выбору основы для ее реализации. Например, при необходимости формирования нескольких номиналов напряжений (от 3 и выше) в рамках одной печатной платы или модуля популярная и часто используемая архитектура построения (Distributed Power Architecture, DPA) становится менее эффективной [4]. Это связано с тем, что в DPA формирование уровней на-

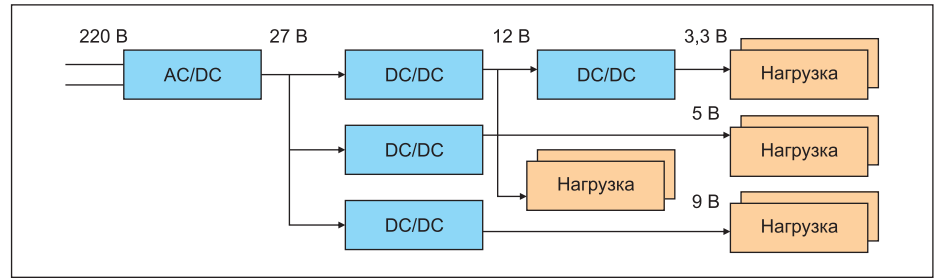


Рис. 2. DPA (Distributed Power Architecture) распределенная схема электропитания

пряжений (промежуточных и оконечных), как правило, осуществляется с помощью стабилизированных гальванически изолированных DC/DC-преобразователей (рис. 2).

Это означает, что преобразование, развязка, стабилизация, ЕМИ-фильтрация и т. д. реализуются в каждом преобразователе. И по мере увеличения количества потребителей уменьшаются значения КПД, особенно при малых нагрузках, а также повышаются массо-габаритные показатели всей системы электропитания.

Более эффективное решение — разделить основной функционал между компонентами и исключить дублирование. Скажем, в случае со стабилизацией и гальванической развязкой.

Изменение архитектуры в пользу ИВА для таких случаев позволит избежать недостатков, присущих DPA. Установка нестабилизированного DC/DC-преобразователя по входу модуля или печатной платы и формирование промежуточной шины обеспечит общую гальваническую развязку выходных цепей, а также понижение уровня выходного напряжения. А отсутствие стабилизации сократит потери, которые происходят в импульсном трансформаторе преобразователя. Установка же на последующем этапе POL-регуляторов компенсирует диапазон изменения напряжения на промежуточной шине и позволит сформировать весь набор необходимых напряжений питания.

При этом для основных потребителей несложно осуществить схему резервного питания: достаточно параллельно поставить дополнительный POL-регулятор там, где это требуется.

У каждой схемы построения электропитания есть свои плюсы и минусы, а также область применения и задачи, под которые данная схема и архитектура может быть обоснованно применена. Универсального решения, к сожалению, не существует. При небольшом числе нужных номиналов питающих напряжений (до трех) и жестких требованиях по помехам оптимально применение архитектуры без промежуточной шины питания, особенностью которой является использование нескольких DC/DC-преобразователей для питания нагрузки. Такая архитектура (рис. 2) позволяет осуществлять питание энергоемких нагрузок непосредственно от DC/DC-преобразователя, что повышает

надежность конечной продукции [4]. Однако если есть необходимость в большом числе питающих напряжений, рекомендуется обратиться к архитектуре с промежуточной шиной (ИВА), что существенно улучшит массо-габаритные показатели, снизит потери при преобразовании энергии и итоговую стоимость конечной продукции [4]. При этом возникают дополнительные требования к используемым модулям электропитания, так как они должны отвечать самым жестким регламентам и условиям эксплуатации.

### Модули электропитания SynQor для построения ИВА в высоконадежной аппаратуре

Следуя общемировым тенденциям, многие производители источников и модулей электропитания предлагают решения, ориентированные на определенную область применения. Сейчас в номенклатуре практически каждой известной компании-изготовителя есть группы изделий, ориентированные на определенную область применения: медицина, транспорт, реже сегмент Military и Hi-Rel и т. д. Однако более узкий круг производителей предлагает и комплексные решения для реализации определенных архитектур построения систем электропитания. К числу таких компаний принадлежит и SynQor [1].

Компания SynQor специализируется на выпуске высоконадежных модулей и систем электропитания, уделяя особое внимание развитию линейки продукции для систем питания с ИВА и считая ее достаточно перспективной. Начиная с 2000 года специалисты SynQor ведут работу по созданию новых специализированных модулей электропитания, а также по модернизации уже существующих изделий. Для построения ИВА компания предлагает решения для телекоммуникационного оборудования и высоконадежной аппаратуры сегментов Mil-COTS (–55...+100 °С) и Hi-Rel (–55...+125 °С).

Как уже отмечалось, ключевым элементом ИВА является нестабилизированный DC/DC-преобразователь, формирующий промежуточную шину. Компания SynQor предлагает ряд подобных преобразователей, ориентированных на применение в высоконадежной аппаратуре, — это изделия группы Mil-Qor (табл. 1), подгрупп Mil-COTS и Hi-Rel (рис. 3).

Таблица 1. Источники питания SynQor для формирования промежуточной шины в IBA (BUS-converter)

Наименование	Тип корпуса, мм	Диапазон входного напряжения, В	Выходное напряжение (нестабилизированное), В	Максимальный выходной ток, А	Максимальная выходная мощность, Вт	КПД	Диапазон рабочих температур, °C
MCOTS-B-270-31	Half-Brick (60,6×63,1×13)	230–400	29,2	32,5	1000	До 95,4 %	–55...+100
MCOTS-B-600-31		440–700	31,2				
MQBQ-28-28В	FL Package (63,5×38,1×9,9)	230–400	28	14	400	До 95,4 %	–55...+125
MQBQ-270-28В		18–40					

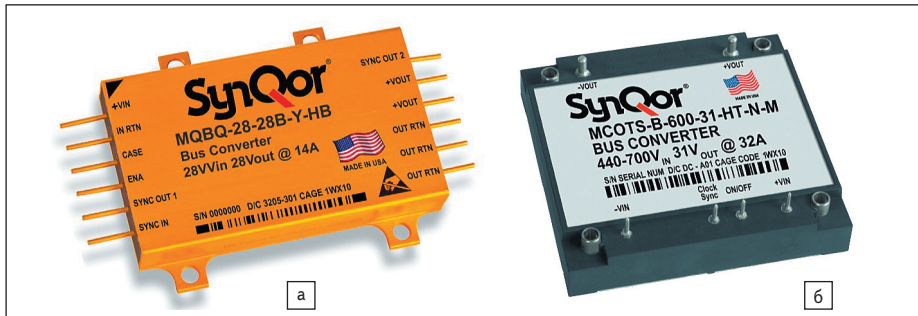


Рис. 3. Внешний вид нестабилизированных DC/DC-преобразователей SynQor, предназначенных для формирования промежуточной шины IBA: а) подгруппа Hi-Rel; б) подгруппа Mil-COTS

Конструктивно изделия Mil-COTS выполнены в пластиковом герметизированном корпусе типа Brick и имеют стандартное расположение выводов, опционально могут быть оснащены фланцами для крепления на панель.

Из технических характеристик следует выделить диапазон рабочих температур от –55 до +100 °C и соответствие ряду Mil-STD-883F в части стойкости к климатическим воздействиям [4]. В настоящий момент в линейке представлено два преобразователя мощностью 1000 Вт MCOTS-B-270-31-HT и MCOTS-B-600-31-HT, которые адаптированы под базовые уровни входного напряжения 270 В (диапазон входного напряжения 230–400 В) и 540 В (диапазон входного напряжения 440–700 В) соответственно. Данные преобразователи обеспечивают понижение напряжения до уровня 31 В, при этом обладают высоким значением КПД (до 95,4%), а также обеспечивают функционирование во всем диапазоне рабочих тем-

ператур от –55 до +100 °C без потери рабочих характеристик (рис. 4). Напряжение пробоя (вход/выход) для этих преобразователей составляет 4250 В.

Группа Mil-Qor также представлена изделиями подгруппы Hi-Rel, предназначенными для применения в авиации. Особенностью этих изделий является расширенный диапазон рабочих температур от –55 до +125 °C, повышенная устойчивость к вибрационным нагрузкам, перепадам давления и температуры [4].

Конструктивно DC/DC-преобразователи Hi-Rel существенно отличаются от рассмотренных выше и имеют больше сходства с гибридными преобразователями, но изготовлены по инновационной технологии корпусирования QorSeal [4].

Основу конструкции Hi-Rel-преобразователя, выполненного по технологии QorSeal, составляет металлический корпус из алюминия с защитным никелевым покрытием, причем для создания усиленной защиты от агрессивных климатических воздействий

на никелевое покрытие гальванически наносится тонкий слой золота. Следует упомянуть и о печатной плате, применяемой в преобразователях данной серии. Для решения проблемы локального перегрева и лучшего перераспределения тепла в конструкцию печатной платы добавлены металлизированные слои. Это позволило использовать силовые полупроводниковые компоненты, которые выполнены исключительно в компактных корпусах. В настоящий момент в линейке представлено два преобразователя мощностью 400 Вт MQBQ-270-28В и MQBQ-28-28В, адаптированных под базовые уровни входного напряжения 270 (диапазон входного напряжения 230–400 В) и 28 В (диапазон входного напряжения 18–40 В) соответственно.

В свою очередь, для формирования ряда окончательных напряжений компания SynQor предлагает воспользоваться источниками питания группы NiQor, куда включена линейка гальванически не развязанных DC/DC-преобразователей с Buck/Boost-топологией, выполненных в стандартном форм-факторе Half-Brick.

В настоящий момент в группе имеется два источника питания с выходной мощностью до 2000 Вт MCOTS-N-28V-60 (рис. 5) и MCOTS-N-28VE-90 (табл. 2), которые могут быть использованы совместно с перечисленными выше преобразователями, формирующими промежуточную шину. К особенностям следует отнести то, что выходное напряжение может быть указано в широком диапазоне от 0 до 60 В для MCOTS-N-28V-60 и от 0 до 90 В для MCOTS-N-28VE-90 путем установки резистора. Это позволяет унифицировать установленные модули электропитания, поскольку при помощи данных источников возможно формирование практически всех требуемых номиналов окончательных напряжений.

## Заключение

Последнее время в высоконадежной аппаратуре прослеживается тенденция суще-

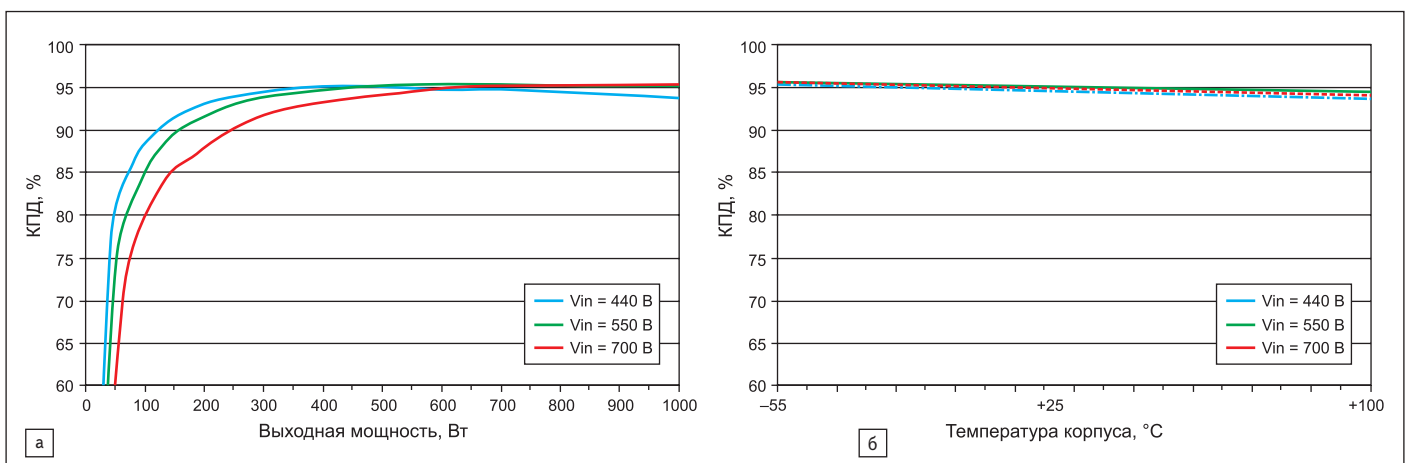


Рис. 4. Графики зависимости значения КПД для преобразователя MCOTS-B-600-31-HT: а) от выходной мощности; б) от температуры корпуса (при нагрузке 60%)

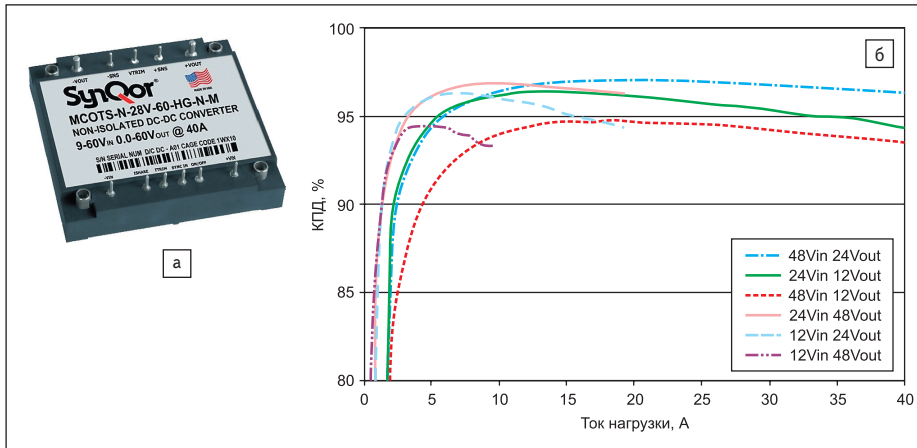


Рис. 5. Преобразователь MCOTS-N-28V-60 без гальванической развязки: а) внешний вид; б) график зависимости КПД от тока нагрузки

Таблица 2. Источники питания SynQor группы NiQor без гальванической изоляции

Наименование	Тип корпуса, мм	Диапазон входного напряжения, В	Диапазон выходного напряжения, В	Максимальный выходной ток, А	Максимальная выходная мощность, Вт	КПД	Диапазон рабочих температур, °С
MCOTS-N-28V-60	Half-Brick (60,6×63,1×13)	9–60	0–60	40	2000	До 96%	–55...+100
MCOTS-N-28VE-90		9–90	0–90	26		До 97%	
MCOTS-N-12-Q3P1N	Quarter-Brick (60,6×39×12,7)	6–15	0,8–5 (3 выхода)	30 (на каждый выход)	–	До 93% (при полной нагрузке)	
			–3...–13,5	1			

ственного увеличения доли мощной вычислительной аппаратуры, для которой характерно наличие низковольтных нагрузок разного номинала. Эта особенность предъявляет дополнительные требования и ставит

новые задачи перед разработчиками систем электропитания.

Для того чтобы решить поставленные задачи, зачастую необходим комплексный подход, который предусматривает как но-

вые решения для организации и построения архитектуры системы электропитания, так и модернизацию элементной базы.

Например, при требовании наличия большого числа питающих напряжений одним из вариантов организации архитектуры может стать схема с промежуточной шиной (ИВА), способствующая снижению массогабаритных показателей и сокращению потерь при преобразовании энергии.

В качестве основы для построения системы электропитания согласно ИВА может выступать продукция компании SynQor, которая с 2002 года производит модули питания для данной архитектуры. В настоящий момент в номенклатуре присутствует ряд преобразователей с расширенным диапазоном рабочих температур (–55...+125 °С), что позволяет создать полноценную систему электропитания на основе ИВА для ответственной и высоконадежной аппаратуры.

### Литература

1. [www.synqor.com](http://www.synqor.com)
2. Никитин М. Модуль корректора коэффициента мощности в герметизированном корпусе для промышленных приложений // Силовая электроника. 2012. № 6.
3. Тузов А., Никитин М. Системы питания: с ИВА или без? // Силовая электроника. 2010. № 5.
4. Никитин М. DC/DC-преобразователи SynQor для питания радиоаппаратуры // Компоненты и технологии. 2012. № 2.