

Организация питания авиационной аппаратуры

при помощи преобразователей
компании GAIA Converter

Данная статья посвящена вопросу применения модульных источников питания компании GAIA Converter в военном и авиационном оборудовании. Рассмотрены преимущества использования модульной архитектуры и предложено решение, удовлетворяющее требованиям применяемых в настоящее время стандартов.

Константин Верхулевский

info@icquest.ru

О компании

Французская компания GAIA Converter была создана в начале 1990-х. С тех пор она добилась значительных успехов на рынке модульных источников питания и предоставляет потребителям широкую линейку продукции. В настоящее время компания признается одним из мировых лидеров в сфере разработки и изготовления высоконадежных AC/DC- и DC/DC-преобразователей, предназначенных для работы в жестких условиях эксплуатации: железнодорожный транспорт, авиация и военная техника [1].

Инжиниринговая группа GAIA не только разрабатывает продукты с конкурентными преимуществами, но также помогает потребителям решить проблемы, связанные с применением источников питания. Ежегодно компания выпускает более 300 новых компонентов.

При разработке продукции широко применяются:

- моделирование электрических схем;
- усовершенствованные методы изготовления корпусов;
- собственные магнитные компоненты и интегральные схемы специального назначения;
- испытания на воздействие жестких условий окружающей среды;
- оценка надежности;
- современные технологии охлаждения.

Особенности продукции

В настоящее время линейка продукции компании GAIA Converter содержит более 3500 наименований DC/DC-, AC/DC-преобразователей и входных модулей, способных удовлетворить различным требованиям заказчиков [2]. Входные модули обладают встроенными функциями защиты от переходных процессов, электромагнитных помех, а также могут включать функции защиты от провалов входного напряжения. Продукция имеет широкий диапазон входных напряжений (5–480 В), один, два или три выходных канала, и делится на две категории:

- Преобразователи для промышленных применений. Обеспечивают компромисс между стоимостью и эксплуатационными характеристиками при выборе подходящего изделия. Данная категория отличается широкими диапазонами входных напряжений и рабочих температур –40...+95 °С, а также гальванической изоляцией вход/выход до 3 кВ.
- Высоконадежные преобразователи. Разработаны для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды, например в авиационных, военных и высокотехнологических изделиях. Они выполнены в металлическом корпусе, залитом компаундом, и обеспечивают высокую теплопроводность в соответствии с военной приемкой. Следует отметить следующие особенности этих преобразователей:
 - диапазон рабочих температур –40...+105 °С;
 - высоконадежная герметизация;
 - термоэлектротренировка изделий;
 - наличие функции самоконтроля;
 - низкие пульсации выходного напряжения;
 - исполнение для работы при температуре –55 °С (доп. опция);
 - соответствие требованиям стандарта MIL-STD-883C.

Отличительными характеристиками выпускаемых компанией преобразователей являются также низкопрофильный корпус, предназначенный для установки непосредственно на печатную плату; широкий диапазон выходной мощности (4–200 Вт) и в два–три раза более низкие цены по сравнению с аналогами, производимыми всемирно известными фирмами. Благодаря высоким показателям надежности, преобразователи GAIA Converter активно применяются в проектах таких всемирно известных компаний, как Airbus, Lockheed Martin, Boeing, Rockwell, Siemens, Honeywell, Saab, ABB и многих других.

Компания является основоположником известной концепции модульной архитектуры источников питания, как способа проектирования сложных источников питания на основе блочной технологии построения структурной схемы. Каждый из блоков выполняет одну или несколько функций: защита внешнего ин-

терфейса, фильтры электромагнитных помех, блок питания и т. д. GAIA Converter предлагает оптимизировать эти блоки таким образом, чтобы архитектура объединяла в себе стандартные преобразователи и представляла собой рентабельное решение. Модульная архитектура источников питания позволяет реализовать самые сложные задачи, используя широкую номенклатуру стандартных DC/DC- и AC/DC-преобразователей и других вспомогательных модулей. Подход, в основе которого лежат так называемые «строительные блоки», сами по себе представляющие завершённые устройства, помогает упростить проектирование и ускорить процесс реализации готового продукта. В целом, использование модульной архитектуры питания имеет ряд преимуществ:

- Экономия времени проектирования. Источник питания зачастую проектируют в самую последнюю очередь, когда вся система уже практически завершена. Модульный принцип построения источника питания из стандартных изделий сокращает время проектирования самой системы питания, реализация которой начинается практически с нуля.
- Гарантия качества системы питания. Модульная архитектура питания предсказуема и надежна за счет качества стандартных изделий, являющихся собой основу системы питания.
- Модульный принцип. Реализация структурной схемы на основе модульного принципа позволяет быстро среагировать на вносимые изменения выходной мощности и напряжения. Эта особенность выводит проектирование системы на новый уровень и упрощает выпуск источников питания [3].

При использовании концепции модульной архитектуры построение источника питания можно разделить на три этапа, в зависимости от выполняемых функций (табл. 1).

Обычно источнику питания необходимы:

- защита от импульсных помех и нестационарных процессов, возникающих во входной шине питания, коррекция коэффициента мощности по входной шине переменного тока;
- фильтры электромагнитных помех, подавляющие шумы, возникающие во входной шине питания;
- контроль и резервирование в случае неисправности входной шины;
- различные параметры выходного тока и напряжения.

Особенности использования модулей питания в авиационной технике. Система питания на основе модулей GAIA Converter

К источникам питания для авионики и военных применений всегда предъявлялись строгие требования, а при проектировании учитывались такие факторы, как возникновение переходных процессов и скачков напряжения, бесперебойность работы и возможность возникновения аварийных ситуаций. В результате большинство таких источников питания были спроектированы по специальным требованиям с использованием дискретных эле-

Таблица 1. Этапы построения модульного источника питания GAIA Converter

Этап	Функция	Изделие
Адаптация шины питания	Защита от агрессивных действий со стороны входной шины питания	PGDS или LGDS FGDS; HGMS
	Соответствие требованиям по электромагнитной совместимости	
Удержание и контроль напряжения	Вспомогательная функция контроля и удержания напряжения на должном уровне	HUGD
Блок питания	Основа системы: DC/DC-преобразователи	MGDM/I

ментов. С начала 1990-х годов с появлением в США философии COTS (Commercial Off-The-Shelf — аппаратура коммерческого применения, готовая к использованию в военных целях) и модульной архитектуры электропитания, использование стандартных модулей стало более значимым при разработке сложных систем питания. Согласно отечественным и зарубежным военным и авиационным стандартам, COTS-преобразователи, применяемые в высоконадежной аппаратуре, должны соответствовать требованиям по диапазону входных напряжений и уровню электромагнитного излучения, выдерживать соответствующие климатические испытания и удовлетворять специфическим военным/авиационным положениям.

Требования к входному напряжению

Требования к входному напряжению модулей питания напрямую зависят от типа сети, находящейся на борту летательных аппаратов, либо применяемой в наземном оборудовании. Основными стандартами, используемыми в настоящее время, являются: US MIL-STD-704/MIL-HDBK-704 («Параметры источников питания летательных аппаратов»); US MIL-STD-1275 («Параметры 28-В электрических систем на военном транспорте»); Европейский стандарт En 2282 («Параметры источников пи-

тания воздушных судов»). Для отечественных производителей актуален ГОСТ Р 54073-2010 «Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии». Кроме того, у крупных авиационных корпораций (Airbus, Boeing и т. д.) существуют собственные нормативы.

Наиболее распространенными стандартными уровнями входных напряжений в авионике и военных применениях являются значения 24, 28 и 270 В по постоянному току или 115 В по переменному току с расширением диапазонов для удовлетворения требований международных стандартов до 16–40 В по постоянному току и 70–180 В по переменному. Стандарты в обязательном порядке описывают уровень входного напряжения в нормальных, аномальных и аварийных условиях, возникновение переходных процессов, спада напряжения до нуля и импульсов на входе, а также поведение преобразователей в нештатных ситуациях [4]. Требования наиболее распространенных стандартов для случаев постоянного (28 В) и переменного (115 В) входных напряжений представлены в таблицах 2 и 3.

Требования к уровню электромагнитных помех

Ограничения по электромагнитному излучению прописаны в широко используе-

Таблица 2. Требования международных военных и авиационных стандартов к DC/DC-преобразователям

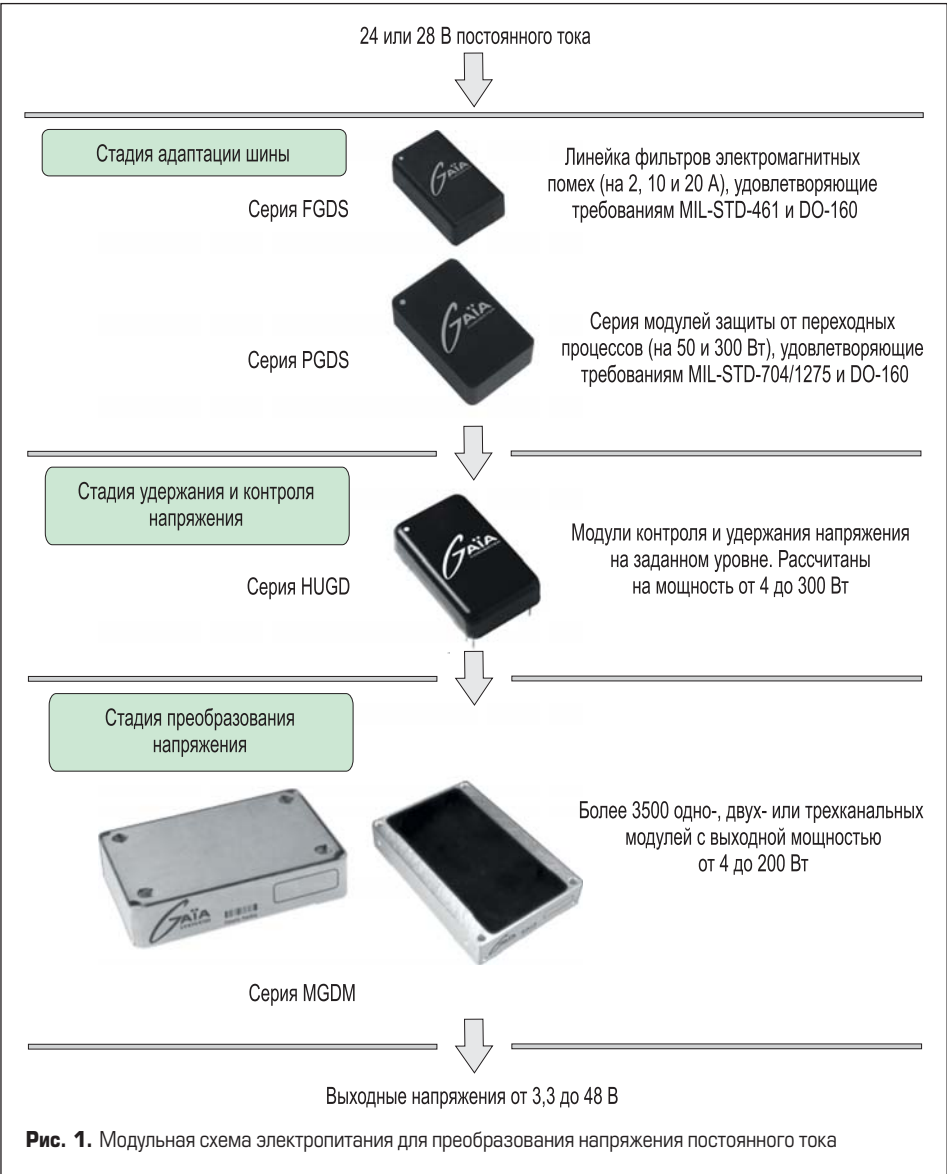
Международные стандарты	Входное напряжение, В			Защита от переходных процессов, В/мс	Защита от провалов напряжения	Защита входа от импульсов, В/мкс
	Рабочее состояние	Аномальное состояние	Аварийное состояние			
MIL-STD-704A (кат. А)	25–28,5	23,5–30	17–24	80/50	0 В до 7 с	±600/20
MIL-STD-704E/F	22–29	20–31,5	18–29	50/50	0 В до 7 с	
DO-160D (кат. В)	22–30,3	20,5–30,5	18	60/100	0 В до 7 с	±600/20
DO-160D (кат. Z)	22–30,3	20,5–32,5	18	80/100	0 В до 7 с	±600/2
DO-160E (кат. Z)	22–30,3	20,5–32,5	18	80/100	0 В до 7 с	±600/2
EN2282	24–29	21–32	18–29	60/100	0 В до 5 с	±600/10
BSI 3G100 (часть 3)	24–29	21–32	18–29	80/100	0 В до 7 с	±600/10
AIR2021E	24–29	20,5–32,2	17	60/100	0 В до 5 с	±600/10
ABD100	25,5–30,3	23,5–32,5	17	46/100	0 В до 5 с	±600/10
ГОСТ Р 54073-2010	24–29,4	18–31	21–33	65/20	10 В до 1 с	

Таблица 3. Требования международных военных и авиационных стандартов к AC/DC-преобразователям

Международные стандарты	Входное напряжение, В			Защита от переходных процессов, В/мс	Защита от провалов напряжения	Частота входного напряжения, Гц
	Рабочее состояние	Аномальное состояние	Аварийное состояние			
MIL-STD-704A (кат. А)	110–118	104–124	106–122	180/100	0 В до 7 с	400
MIL-STD-704A (кат. С)	104–118	98–124	100–122	180/100	0 В до 7 с	400
MIL-STD-704D/E	108–118	100–125	108–118	180/50	0 В до 7 с	400
DO-160D (кат. А)	100–122	97–134		180/100	0 В до 7 с	400
DO-160D (кат. Z)	100–122	97–134		180/100	0 В до 7 с	400
EN2282	108–118	98–132	102–122	180/50	0 В до 5 с	400
BSI 3G100 (часть 3)	108–118	98–132	104–122	180/100	0 В до 7 с	400
AIR2021E	108–122	98–132	102–122	180/80	0 В до 5 с	400
ABD100	108–118	96–130	108–122	180/100	0 В до 5 с	360–800
MIL-STD-704F	108–118	100–125	100–125	180/50	0 В до 7 с	360–800
ГОСТ Р 54073-2010	108–120	104–125	94–132			400 или 360–800

Таблица 4. Методики проверки компонентов на воздействие жестких условий окружающей среды

Наименование	Стандарт	Условия испытаний модулей Gaia
Работа при высокой температуре	MIL-STD-202G; Метод 108A	Работа: 1000 ч при температуре корпуса +105 °С. Хранение: 1000 ч при +125 °С окружающей среды.
Работа при низкой температуре	MIL-STD-810E; Метод 502.3	Хранение: 1000 ч при –55 °С окружающей среды.
Термоциклирование	MIL-STD-202A; Метод 102A	Число циклов: 200. Изменение температуры: – 40...+85 °С. Время переноса: 40 мин. Время установки: 20 мин.
Тепловое воздействие	MIL-STD-202G; Метод 107G	Число воздействий: 100. Изменение температуры: – 55...+105 °С. Время переноса: <10 с. Время установки: 30 мин.
Высотные испытания	MIL-STD-810E; Метод 500.3	12 200 м., полное функционирование 305 м/мин. до 21 300 м., полное функционирование
Влагостойкость, циклические испытания	MIL-STD-810E; Метод 507.3	Влажное тепло: 60–88 % относительной влажности. Цикл 1 (+31...+41 °С): 24 ч
Установившаяся влажность	MIL-STD-202G; Метод 103B	Влажное тепло: 93 % относительной влажности. Температура : +40 °С. Продолжительность: 56 дней.
Соленая среда	MIL-STD-810E; Метод 509.1	Температура: +35 °С. Продолжительность: 48 ч
Вибрация	MIL-STD-810D; Метод 514.3	10 циклов по каждой оси. Частота: 10–60 Гц/60 Гц–2кГц. Амплитуда/ускорение: 0,7 мм/10g
Удар	MIL-STD-810D; Метод 516.3	3 удара по каждой оси. Максимальное ускорение: 100g. Продолжительность: 6 мс.
Ударостойкость	MIL-STD-810D; Метод 516.3	2000 ударов по каждому направлению Продолжительность: 6 мс. Максимальное ускорение: 40g



мых стандартах MIL-STD-461C/D/E/F (ГОСТ В 25803-91) и DO-160D/E/F. Одной из главной функций стандартов является определение общей методики тестирования, воспроизводимой в любой лаборатории. Стандартами регламентируются:

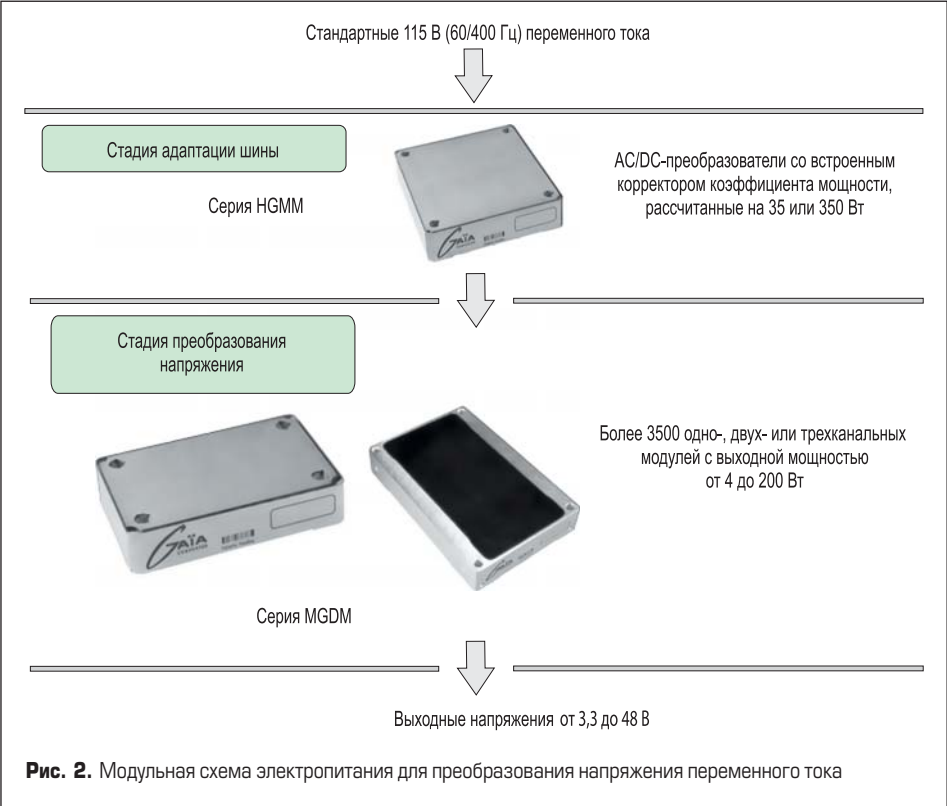
- Уровень кондуктивных помех. Для минимизации кондуктивного шума в преобразователях GAIA Converter используется технология «мягкого» переключения.
- Уровень радиопомех. Военными стандартами определяется допустимый уровень электрической и магнитной составляющих радиопомех на определенных частотах. Преобразователи GAIA Converter соответствуют требованиям стандартов по магнитной составляющей помех, так как частота, согласно программе тестирования, не превышает 100 кГц, а рабочая частота преобразователей GAIA Converter — более 500 кГц. Для уменьшения излучаемых помех применяются экранированные металлические корпуса.
- Устойчивость к кондуктивным помехам. Модули GAIA Converter содержат встроенный фильтр, обеспечивающий в большинстве случаев ослабление шумов на 30 дБ. Тем не менее, для соответствия требованиям стандартов большинство преобразователей должны использоваться совместно с дополнительными фильтрами. Для подавления высоковольтных импульсов на входе модулей питания используются внешние супрессоры.
- Устойчивость к радиопомехам. Зависит от электрического и магнитного экранирования устройств. Использование собственных корпусов GAIA Converter позволяет добиться устойчивого функционирования без дополнительного экранирования.

Испытания на воздействие жестких условий окружающей среды

На электрооборудование летательных аппаратов действует ряд неблагоприятных факторов — вибрации, ускорения, большие перепады температуры и давления, ударные нагрузки, агрессивные среды паров топлива, масел и спецжидкостей, иногда очень едких и токсичных. Поэтому обязательным условием применения модулей питания в высоконадежной технике является тестирование на воздействие жестких условий окружающей среды [5]. Основными стандартами в этой области являются: международный DO-160 («Условия окружающей среды и методика проверки для бортовой аппаратуры»), US MIL-STD-810 и US MIL-STD-202 («Методики климатических испытаний оборудования»). В таблице 4 приведены программы тестирования международных стандартов и соответствующая методика испытаний модулей GAIA Converter.

Специфические требования к авиационной аппаратуре

К источникам питания авиационной и военной техники предъявляется также ряд специальных требований. Во-первых, это ограничение максимального тока и наличие встроенной защиты от перенапряжений.



Во-вторых, наличие функции синхронизации, используемой при включении нескольких модулей на одной и той же рабочей частоте. Кроме того, зачастую помимо стандартных 5, 12, 24 В и т. д. требуется нестандартное выходное напряжение для специализированных датчиков и устройств.

Обобщая вышеизложенные требования, компания GAIA Converter предлагает типовую архитектуру электропитания на основе стандартных модулей (рис. 1 и 2).

- Серия FGDS: входные EMI-фильтры, удовлетворяющие требованиям стандартов MIL-STD-461 и DO-160.
- Серии PGDS, LGDS: вспомогательные модули для восстановления при спаде напряжения, защиты от скачков и переходных

процессов в соответствии со стандартами MIL STD-704, MIL-STD-1275 или DO-160.

- Серия HGMM: AC/DC-преобразователи с функцией коррекции коэффициента мощности для получения 28 В постоянного тока из напряжения 115 В переменного тока, позволяющие реализовать простую схему преобразования напряжения шины/магистрали.
- Серия HUGD: функции отслеживания и удерживания уровня питающего напряжения обеспечиваются модулями удерживания для защиты от потери напряжения на шине и выдачи аварийных и информационных сигналов.
- Серия MGDM: для основы системы питания предлагается целый ряд низко-

профильных, рентабельных и высококачественных модулей питания, которые объединяют в себе множество комбинаций входных/выходных напряжений и уровней мощности.

Краткое сравнение высоконадежных преобразователей от известных производителей

Разработкой и производством высоконадежных модулей источников питания для авиационного и военного применения занимается достаточно много компаний, как зарубежных, так и отечественных. Среди наиболее известных, помимо GAIA Converter, можно отметить VPT, IR, а также отечественную компанию «Александр Электрик». Рабочие характеристики и качество предлагаемых модулей напрямую зависят от требований международных и отраслевых стандартов. Сравнение решений от разных производителей сводится к поиску комплектующих, удовлетворяющих определенному кругу задач, так как основные параметры уже жестко регламентированы существующими стандартами. Разнообразие электрических характеристик и различных конструктивных исполнений предлагаемых моделей позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант для каждого конкретного применения. Сравним для примера однотипные DC/DC-преобразователи: одноканальные с выходным напряжением 5 В и мощностью 100–120 Вт (табл. 5).

Конечно, сравнение только по одному представителю из широкой линейки компонентов различных производителей не показывает полной картины. Тем не менее, если проанализировать табличные данные, то можно сказать, что представитель семейства MGDM компании GAIA Converter выгодно отличается от конкурентов широким диапазоном входных напряжений и высоким КПД. Практически все сравниваемые модули имеют встроенные защиты, соответствующие

Таблица 5. Сравнение технических параметров высоконадежных преобразователей напряжения

	MGDM-100 (GAIA)	AFL2805S (IR)	DVFL2805S (VPT)	МДМ120-1В05МП (АЭ ИП**)
Входные характеристики				
КПД, %	88	81	78	80
Диапазон входных напряжений, В	10,7–100	16–40	16–40	17–36
Выходные характеристики				
Выходное напряжение, В	5	5	5	5
Выходная мощность, Вт	100	120	120	100
Пульсации выходного напряжения, мВ	50	30	15–80	Менее 100
Подстройка выходного напряжения, %	–20/+10		–20/+10	
Общие характеристики				
Защита	Защита от КЗ, блокировка при повышенном и пониженном напряжениях, ограничение выходного тока и температуры	Защита от КЗ и перегрузки по току	Защита от КЗ и пониженного напряжения на входе, ограничение выходного тока	Защита от КЗ, перегрузки по току и перенапряжения, тепловая защита
Напряжение изоляции, В	1500	>500	500	500
Сопротивление изоляции, МОм	100	100	100	20
Частота переключений, кГц	260	550	500	125
Диапазон температур хранения, °С	–55...+125	–55...+125	–55...+125	–60...+105
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+105*	–55...+125	–55...+125	–60...+105

Примечание: * — по запросу возможно изготовление модулей с минимальной рабочей температурой –55 °С; ** — «Александр Электрик». Источники электропитания.

щие военным стандартам. Что же касается минимальной рабочей температуры, то тут, естественно, вне конкуренции продукция отечественных разработчиков.

Заключение

Выбор комплектующих для систем питания авиационного и военного оборудования изначально является сложной задачей. Соответствие международным и отечественным стандартам, жесткие требования к параметрам и качеству изделий, стоимость компонентов — все это в значительной степени оказывает влияние на принятие решений. Но главным фактором для подобных систем является, несомненно, долговремен-

ная надежность. Поэтому разработчики обращают внимание на фирмы, имеющие многолетний опыт производства высоконадежных комплектующих и зарекомендовавшие себя на рынке с самой лучшей стороны. Продукция компании GAIA Converter имеет сертификаты соответствия множеству стандартов, широко используется на протяжении десятилетий крупнейшими производителями авиационного и военного оборудования и является прекрасным выбором для построения систем питания различной высоконадежной аппаратуры. Какие бы требования ни предъявлялись к системе электропитания, GAIA Converter готова предложить оптимальное решение для широкого диапазона применений. ■

Литература

1. www.gaia-converter.ru
2. Некрасов М. Модули преобразователей DC/DC и AC/DC компании GAIA Converter для высоконадежных и промышленных применений // Силовая электроника. 2011. № 2.
3. Дмитриков В., Исаев В. и др. Основные пути развития современных систем электропитания для радиоэлектронных устройств специального назначения // Электронные компоненты. 2007. № 4.
4. Application note. Using COTS Converter for Avionics/Military Applications.
5. Application note. Modular Power Architecture Up to 50W Power for 24V/28V Avionics/Military Applications.