

Модульные DC/DC-преобразователи GAIA Converter

для железнодорожного транспорта

Компания GAIA Converter, являющаяся основоположником модульной архитектуры источников питания, изготавливает широкую линейку DC/DC-преобразователей и вспомогательных модулей. Все предлагаемые устройства подразделяются на отдельные серии в зависимости от функционального назначения, входных/выходных параметров, мощности и т. д., а также проходят обязательное тестирование на соответствие требованиям определенных отраслевых стандартов. В статье рассматриваются основные технические характеристики и конструктивные особенности высоконадежных модулей, рекомендуемых производителем для организации питания железнодорожной аппаратуры.

Константин Верхулевский

info@icquest.ru

Введение

Обеспечение качественного и надежного электропитания оборудования железнодорожного назначения — непростая задача, имеющая свою специфику. Источники питания должны разрабатываться с учетом особенностей бортовой сети и сложных условий эксплуатации, а именно — работать в широком диапазоне температур, выдерживать постоянные вибрации и удары до нескольких g. В настоящее время соответствующие требования определяются рядом стандартов, действующих как на международном, так и на национальном уровне [1]. Наибольший вес имеют международные стандарты EN 50155 («Транспорт железнодорожный. Электронное оборудование, используемое в подвижном составе»), EN 50125 («Транспорт железнодорожный. Условия окружающей среды для оборудования подвижного состава») и EN 50163 («Транспорт железнодорожный. Напряжение питания тяговых сетей»). Они регламентируют обязательные требования к:

- входным напряжениям;
- электромагнитной совместимости;
- допустимым механическим воздействиям;
- температурным режимам работы;
- диэлектрической прочности изоляции.

В таблице 1 приведены данные, характеризующие допустимые границы и качество входных питающих

напряжений. Согласно EN 50155, типовыми значениями являются 24, 48, 72, 96 и 110 В постоянного тока. Национальные стандарты могут отличаться, для примера приведены уровни напряжений, распространенные на железных дорогах Франции (NF-F-01-510) и Великобритании (RIA12). Стоит отметить наличие значительных отклонений внешних питающих напряжений от нормы, при которых железнодорожная аппаратура должна сохранять работоспособность и обеспечивать долговременную надежность. Провалы в широких пределах и значительные броски (до 170 В) зачастую связаны с тем, что не весь подвижной состав построен с учетом современных технологий, в локомотивах старой постройки коммутация осуществляется силовыми реле, которые отличаются залипанием и дребезгом контактов.

Помимо этого, входные цепи преобразователей должны выдерживать случайные перенапряжения, вызванные микросекундными импульсными помехами с большой энергией. Амплитуда и длительность этих импульсов задаются в международных стандартах EN 50155 и EN 61000-4-5. В Российской Федерации аналогом EN 61000-4-5 является ГОСТ Р 51317.4.5-99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний» (табл. 2). Этот стандарт определяет параметры испытательного импульса: время нарастания 1,2 мкс и время спада 50 мкс (от своего пикового значения до 50%). В качестве источника тестовых воздействий используется генератор импульсов высокого напряжения, имеющий эффективное внутреннее сопротивление (импеданс) 2 Ом при подключении по схеме «провод-провод» или 12 Ом по схеме «провод-земля». Пиковое напряжение импульса может быть выбрано в пределах от 0,5 до 4 кВ в зависимости от класса устойчивости оборудования, который и определяет степень жесткости испытаний [2].

Механические и климатические испытания, имитирующие воздействие факторов окружающей среды, также выполняются по методам, изложенным в EN

Таблица 1. Требования железнодорожных стандартов к входному напряжению источников питания

U_{IN} , В	EN 50155			NF F 01-510			RIA12		
	ΔU , В	U_{BR} , В*	U_{TR} , В**	ΔU , В	U_{BR} , В	U_{TR} , В	ΔU , В	U_{BR} , В	U_{TR} , В
24	16,8–30	14,4	33,6	18–34	12	40	16,6–30	14,4	36
37,5	–	–	–	–	–	–	26–47	22,5	56,25
48	33,6–60	28,8	67,2	–	–	–	33,6–60	28,8	72
72	50,4–90	43,2	100,8	50–90	36	115	50,4–90	43,2	112,5
96	67,2–120	57,6	134,4	–	–	–	67,2–120	57,6	144
110	77–137,5	66	154	77–137	55	176	77–137,5	66	165

* U_{BR} — допустимые провалы напряжения (в течение 100 мс)

** U_{TR} — допустимые броски напряжения (в течение 1 с)

50155. При оценке стойкости оборудования подвижного состава к вибрациям и ударам фигурируют следующие цифры: частота колебаний 5–150 Гц и пиковые ускорения до 5g. Кроме того, стандартом регламентируются четыре температурных диапазона, в зависимости от условий эксплуатации: –25...+70 °С, –40...+70 °С, –25...+85 °С и –40...+85 °С. Железнодорожные приборы должны функционировать в заданных пределах при влажности 95%. Уровень диэлектрической прочности изоляции определяется для отдельных диапазонов входных напряжений, в таблице 3 приведены типовые значения для распространенных стандартов.

На рынке электронных компонентов существуют готовые решения от разных производителей, соответствующие вышеуказанным требованиям, которые уже прошли испытания временем и хорошо себя зарекомендовали при работе на железнодорожном транспорте. Одну из самых широких линеек продукции данного класса предлагает компания GAIA Converter.

Основные характеристики DC/DC-преобразователей железнодорожного назначения

DC/DC-преобразователи компании GAIA Converter адаптированы для использования в схемах с распределенной архитектурой питания, отличающихся наличием меняющегося в широких пределах входного напряжения и значительных переходных процессов. Модули железнодорожного назначения ориентированы на применение как в бортовой электронной аппаратуре подвижного состава (локомотивах, пассажирских вагонах, поездах метро, общественном электротранспорте), так и в стационарных шкафах управления, обеспечивающих функционирование инфраструктуры [3]. Благодаря высоким показателям надежности преобразователи GAIA Converter активно эксплуатируются в проектах всемирно известных компаний, в качестве примера можно привести:

- Междугородние поезда и локомотивы:
 - Alstom: TGV, TGV2N, KTX, ET423, AGV;
 - Siemens: ICE2, ICE3, ES64, S252;
 - Bombardier: AGC, Talent, ICN;
 - GE Transportation: AC6000, Dash.
- Городские метро и трамваи:
 - поезда метро Meteor, MF77, MF2000, M7, Lisboa;

Таблица 2. Требования железнодорожных стандартов к защите входов источников питания от импульсных перенапряжений

Тип испытания	EN 50155			EN 61000-4-5 (ГОСТ Р 51317.4.5-99)		
	Амплитуда импульса, В	Форма импульса, мкс	Импеданс источника, Ом	Амплитуда импульса, В	Форма импульса, мкс	Импеданс источника, Ом
По схеме «провод–провод»	1800	5/50	100	500	1,2/50	2
	1800	5/50	5	1000	1,2/50	2
	8400	0,05/0,1	100	2000	1,2/50	2
	–	–	–	4000	1,2/50	2
По схеме «провод–земля»	1800	5/50	100	500	1,2/50	12
	1800	5/50	5	1000	1,2/50	12
	8400	0,05/0,1	100	2000	1,2/50	12
	–	–	–	4000	1,2/50	12

Таблица 3. Требования железнодорожных стандартов к диэлектрической прочности изоляции вход/выход

Номинальное входное напряжение, В (DC)	EN 50155	NF F 670001	NF F 05-510
24	500 В/50 Гц/1 мин (V _{eff}) или 707 В/1 мин (VDC)	1500 В/1 мин (V _{eff})	2000 В/50 Гц/1 мин (V _{eff})
48	500 В/50 Гц/1 мин (V _{eff}) или 707 В/1 мин (VDC)	1500 В/1 мин (V _{eff})	2000 В/50 Гц/1 мин (V _{eff})
72–125	1000 В/50 Гц/1 мин (V _{eff}) или 1414 В/1 мин (VDC)	1500 В/1 мин (V _{eff})	2000 В/50 Гц/1 мин (V _{eff})
125–315	1500 В/50 Гц/1 мин (V _{eff}) или 2121 В/1 мин (VDC)	1500 В/1 мин (V _{eff})	2000 В/50 Гц/1 мин (V _{eff})

– трамваи Citadis, Combino, Sirio, Icentro, Eurotram.

- Пригородный и городской транспорт:
 - электропоезда Arlanda, Gatwick, Frankfurt, OrlyVal;
 - автобусы/троллейбусы Civis, Cristalis, Cito, Agora, Ares.
- Сигнальное оборудование:
 - системы позиционирования, TPWS, путевое оборудование;
 - ERTMS, ETCS, аппаратура для передачи видеосигналов и другой информации, GPS-R.

Отличительными характеристиками выпускаемых модулей являются ультраширокий диапазон входных напряжений (от 2:1 до 12:1), выходная мощность 4–200 Вт, КПД порядка 90% во всем диапазоне входных напряжений, высокостабильные выходные напряжения (от одного до трех изолированных каналов) и низкопрофильные корпуса, предназначенные для установки непосредственно на печатную плату. Устройства данного типа не имеют оптической развязки в цепях обратной связи и работают на фиксированных частотах преобразования.

Богатый набор защитных и вспомогательных функций, которые присутствуют у тех или иных семейств, гарантирует безопасность

и гибкость функционирования. В определенных режимах работы преобразователей могут быть полезны встроенные схемы защиты от:

- перенапряжения на выходе (Output Overvoltage Protection, OVP);
- короткого замыкания (Output Short Circuit Protection, SCP);
- перегрузки по току (Over Current Protection, OCP);
- превышения температуры (Over Temperature Protection, OTP).

Не менее важное значение имеет наличие цепей плавного запуска (Soft-start) для устранения бросков пускового тока при включении, блокировки при пониженном (Input Undervoltage Lock-Out, UVLO) и повышенном (Input Overvoltage Lock-Out, OVLO) входном напряжении, а также функций дистанционного управления (On/Off), регулировки выходного напряжения (Trim), компенсации падения напряжения на соединительных проводах (Sense) и синхронизации нескольких устройств (Sync). В таблице 4 приведены основные характеристики DC/DC-преобразователей GAIA Converter, ориентированных на применение в железнодорожном транспорте. Расшифровка наименования на примере серии MGDxx-10 представлена на рис. 1 [4].

Пример обозначения: M G D S I - 10 - J - C П

Количество выходов:
S: один; В: два; Т: три

Модификация:
Нет буквы: высоконадежные;
I: промышленного назначения

Выходная мощность, Вт

Диапазон входных напряжений, В:
С: 4,5-5,5; D: 4,7-16; H: 9-36/9-45;
I: 18-36; J: 16-40; O: 18-75/16-80;
Q: 36-140; R: 12-160; T: 120-480

Дополнительные опции:
/M: Функция On/Off;
/Y: Изоляция вход/выход 3000 В DC;
/S: Отбраковочные испытания по MIL-STD-883C;
/T: Диапазон рабочих температур от –55 до +125 °С

Выходные напряжения, В:
В: 3,3; С: 5/±5; Е: 12/±12; F: 15/±15;
I: 24/±24; 26: 26; J: 28; ВЕ: 3,3 и ±12;
BF: 3,3 и ±15; CE: 5 и ±12; CF: 5 и ±15

Рис. 1. Пример расшифровки наименования DC/DC-преобразователей GAIA Converter.

Таблица 4. Основные характеристики DC/DC-преобразователей железнодорожного назначения компании GAIA Converter

Серия	Выходная мощность (макс.), Вт	Диапазоны входных напряжений, В	Количество каналов	Выходные напряжения, В	Дополнительные функции	Габариты, мм
MGDxx-04	4	4,5–5,5; 18–36; 9–36; 16–40; 36–140	1; 2; 3	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; [5 и ±15]	SCP; OVP; Soft-start; On/Off (опция)	32×19,3×7,5
MGDDI-06	6	12–160	2	2×5; 2×12; 2×15; 2×24	Soft-start; UVLO; OCP; Sync; On/Off; Trim	27,5×19,3×8,2
MGDxx-10	10	4,5–5,5; 18–36; 4,7–16; 9–36; 16–40; 36–140	1; 2; 3	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; [5 и ±12]; [5 и ±15]	SCP; OVP; UVLO; Soft-start; On/Off (опция)	40×26×8
MGDSx-18	18	4,5–5,5; 4,7–16; 9–36; 16–40; 36–140	1	3,3; 5; 12; 15	SCP; OVP; UVLO; Soft-start; On/Off (опция)	40,8×26,8×16,5
MGDxx-20	20	4,5–5,5; 18–36; 4,7–16; 9–36; 16–40; 36–140	1; 2; 3	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; [3,3 и ±12]; [3,3 и ±15]; [5 и ±12]; [5 и ±15]	SCP; OVP; UVLO; Soft-start; On/Off	50,8×50,8×12,7
MGDDx-20	20	12–160	2	2×5; 2×12; 2×15; 2×24	Soft-start; UVLO; OCP; Sync; On/Off; Trim	40,1×26,1×12,7
MGDxx-25	25	9–36; 16–40; 18–75; 36–140	1; 2; 3	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; [3,3 и ±15]; [5 и ±12]; [5 и ±15]	SCP; OVP; Soft-start; On/Off (опция)	50,8×50,8×12,7
MGDxx-35	35	9–36; 18–75; 36–140	1; 2; 3	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; [3,3 и ±15]; [5 и ±12]; [5 и ±15]	SCP; OVP; UVLO; Soft-start; Sync; On/Off; Trim; Vref	82,5×48,5×12,5
MGDDx-60	60	12–160	2	2×5; 2×12; 2×15; 2×24	Soft-start; UVLO; OCP; OTP; Sync; On/Off; Trim	82,5×48,5×12,5
MGDSI-60	60	14–55; 36–140	1	3,3; 5; 12; 15; 26	Soft-start; UVLO; OVLO; OCP; OVP; OTP; Sync; On/Off; Trim; Sense	72,7×47,9×12,5
MGDSx-75	75	9–36; 9–45; 18–75; 16–80; 155–480	1	3,3; 5; 12; 15; 24; 26; 28	Soft-start; UVLO; OCP; OVP; OTP; Sync; On/Off; Trim; Sense	57,9×36,8×12,7
MGDSx-100	100	10,7–100; 14–55; 36–140	1	3,3; 5; 12; 15; 26	Soft-start; UVLO; OVLO; OCP; OVP; OTP; Sync; On/Off; Trim; Sense	76,9×48,5×12,5
MGDSx-150	150	9–36; 9–45; 18–75; 16–80; 120–480	1	3,3; 5; 12; 15; 24; 28	Soft-start; UVLO; OVLO; OCP; OVP; OTP; Sync; On/Off; Trim; Sense	60,9×48,3×12,7
MGDS-200	200	9–45; 16–80	1	3,3; 5; 12; 15; 24	Soft-start; UVLO; OCP; OVP; OTP; Sync; On/Off; Trim; Sense	76,9×48,5×12,5

Большинство предлагаемых серий включает в себя две категории продукции. Устройства промышленного (Industrial) назначения обеспечивают компромисс между стоимостью и техническими характеристиками изделий, на принадлежность к этой группе указывает наличие дополнительной литеры «I» в наименовании. Они могут эксплуатироваться в диапазоне рабочих температур –40...+95 °С, имеют

нестабильность выхода, не превышающую ±2% при изменении нагрузки в пределах 25–100%, нестабильность выхода по сети — не более ±1% (во всем диапазоне входных напряжений) и выходной шум от 50 мВ для номиналов 3,3/5 В и до 150 мВ для выходов 15 или 24 В. Базовая гальваническая изоляция вход/выход составляет 1500 В постоянного тока, также существует возможность заказа модулей с увеличенным

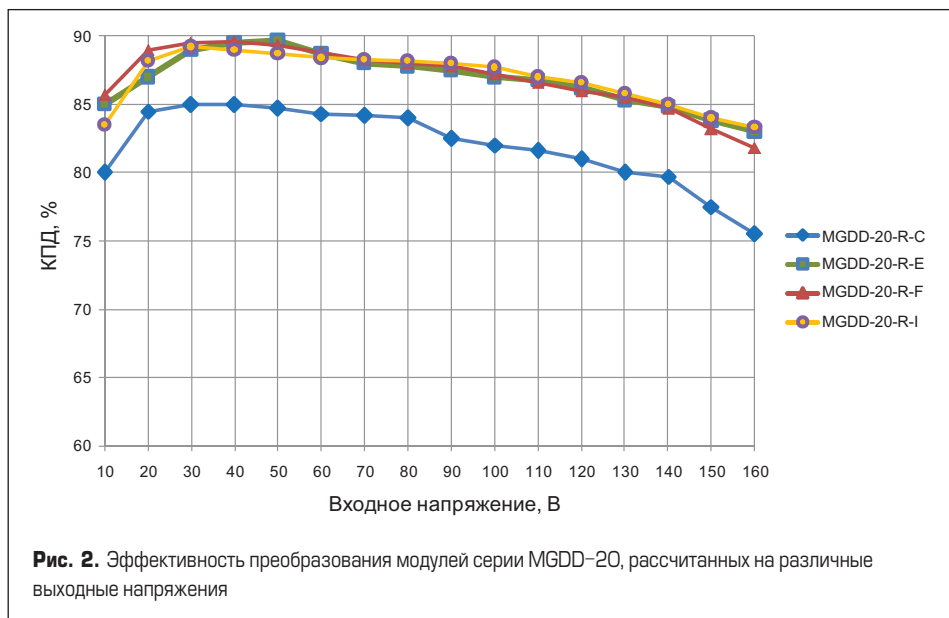


Рис. 2. Эффективность преобразования модулей серии MGDD-20, рассчитанных на различные выходные напряжения

значением этого параметра до 3000 В (опция /Y). Модули в высоконадежном (Hi-Rel) исполнении разработаны для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды. Они обладают расширенным диапазоном рабочих температур (–40...+105 °С) и отличаются более стабильным выходным напряжением. Погрешность выхода при изменении питающего напряжения не превышает ±0,5%, а уровень пульсаций составляет 40–60 мВ (п–п) для любых значений выходного напряжения. Отдельно стоит отметить наличие специализированных вариантов высоконадежных модулей, прошедших дополнительные температурные испытания при –55 °С (опция /T) и ряд расширенных отбраковочных тестов по методам, изложенным в стандарте MIL-STD-883C (опция /S): термоэлектротренировку в течение 96 ч при T = +105 °С, 30 циклов термоциклирования (от –40 до +105 °С с шагом 3 °С/мин.), испытания на принудительный отказ в течение 160 ч при T = +85 °С и полной нагрузке, а также проверку теплостойкости при воздействии температуры +85 °С.

Рассмотрим особенности отдельных семейств. Серии MGDxx-04, MGDxx-10, MGDxx-20, MGDxx-25 и MGDxx-35, рассчитанные на выходную мощность от 4 до 35 Вт, состоят из модулей, имеющих от одного до трех выходов. Выходные напряжения — стандартные, из ряда 3,3; 5; 12 и 15 В, у двух- и трехканальных версий номиналы выхода образуются путем разнообразного сочетания этих значений. Высокая частота преобразования (480 кГц) способствует минимизации уровня выходного шума. Устройства этих семейств поставляются с несколькими диапазонами входных напряжений (до шести), содержат ограниченный комплект защитных цепей и опциональную функцию дистанционного включения/выключения. Они выпускаются в низкопрофильных корпусах с высотой от 7,5 до 12,7 мм и подходят для работы с входными шинами питания 12, 24, 28, 48, 72 и 110 В.

Ключевое отличие новых серий MGDDI-06, MGDDx-20 и MGDDx-60 — сверхширокий динамический диапазон входных напряжений (от 12 до 160 В), который позволяет без значительных модернизаций адаптировать разработываемый источник питания к изменениям напряжения шины питания. Каждый модуль имеет два индивидуально изолированных выходных канала с номинальными напряжениями 5, 12, 15 или 24 В, погрешностью установки не более ±2% при комнатной температуре и 75% нагрузке и возможностью подстройки в пределах от –20 до +10% от номинала [5]. При использовании параллельного, последовательного или симметричного объединения или независимого использования каналов можно реализовать различные схемы питания, например получить одноканальные источники с выходным напряжением 5–48 В, двухканальные одно- и двухполярные с выходными напряжениями ±15 В или 2×24 В с мощностью каждого канала, равной половине номинальной. Оригинальные алгоритмы работы схемы коммутации, разработанные компанией GAIA Converter, позволяют получить эффективность преобразования энергии на уровне 90% (рис. 2).

Каждый преобразователь этих серий доступен в компактном металлическом анодированном корпусе промышленного стандарта, предназначенном для установки в отверстия печатной платы. Выводы никелевые, с золотым покрытием. Для оптимального рассеивания мощности осуществляется герметизация при помощи двухкомпонентного теплопроводящего состава. В зависимости от номинальной мощности размеры корпусов варьируются от 27,5×19,3×8,2 мм у 6-Вт моделей до 82,5×48,5×12,5 мм у MGDD-60.

Начиная с 75 Вт, предлагаются исключительно одноканальные модели с положительным выходным напряжением из ряда 3,3, 5, 12, 15, 24, 26 и 28 В. Серии повышенной мощности MGDSx-75, MGDSx-100, MGDSx-150 и MGDS-200 характеризуются весьма хорошим КПД (до 92%), суммарной нестабильностью по сети, нагрузке и температуре, не превышающей 1%, а также наиболее полным набором интегрированных защитных и сервисных схем. Они относятся к прямоходовым импульсным преобразователям, для примера на рис. 3 приведена структурная схема MGDSx-150. Для уменьшения уровня электромагнитных помех на входе устройств предусмотрен LC-фильтр. Модули могут быть синхронизированы между собой для работы на одной общей частоте или же подключены к внешнему источнику частоты синхронизации. Также существует возможность дистанционного управления и использования внешней обратной связи с целью коррекции падения напряжения на проводах, соединяющих источник питания с удаленной нагрузкой. Регулировка выходного напряжения, которая обеспечивается подключением внешнего резистора, позволяет менять его в диапазоне ±10% от номинального значения. Заказчики могут использовать данные компоненты в применениях с нестандартными значениями питающих напряжений, например в устройствах зарядки аккумуляторов и системах светодиодной подсветки.

Конструктивно модули выполнены в металлических корпусах (рис. 4):

- MGDSx-75 — 1/4 brick, 57,9×36,8×12,7 мм;
- MGDSx-150 — 1/2 brick, 60,9×48,3×12,7 мм;
- MGDSx-100 и MGDS-200 — дюймовые с размерами 2×3.

Уникальной особенностью преобразователей напряжения серии MGDS-200 является технология отвода тепла с боковых стенок, что переопределяет принципы рассеивания мощности. Точки охлаждения переносятся ближе к платам, устраняя необходимость использования радиаторов, что, в свою очередь, снижает общий вес системы, уменьшает габариты и облегчает механическую сборку.

Защитные функции

Все модули являются полнофункциональными устройствами и обладают встроенной защитой как для работы без нагрузки, так и с полным расчетным потреблением. Пороговые значения и алгоритмы работы

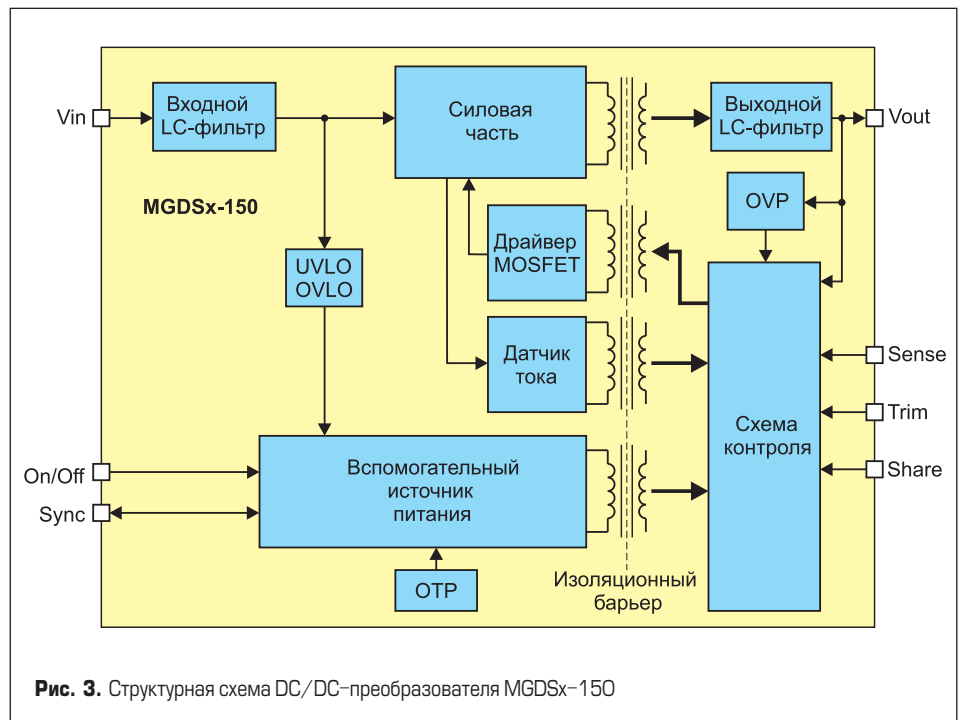


Рис. 3. Структурная схема DC/DC-преобразователя MGDSx-150

защитных цепей зависят от конкретных семейств преобразователей, а также входных и выходных параметров разрабатываемого источника питания. Рассмотрим для примера MGDSx-100 — одну из серий модулей, имеющих максимально возможный набор функций защиты [6]. Защитные цепи MGDSx-100 включают в себя настраиваемые схемы, блокирующие преобразователь в случаях пониженного (UVLO) и повышенного (OVLO) входного напряжения, при перегрузке по току (OCP) или перенапряжении (OVP) на выходе, а также при превышении максимальной рабочей температуры (OTP).

Применение схемы UVLO гарантирует, что низкое напряжение входной шины не приведет к внештатной работе преобразователя. Интегрированная цепь измеряет входное напряжение, сравнивает его с заданным порогом и блокирует модуль при значениях напряжения ниже предельного уровня, определяющего область безопасной работы преобразователя (рис. 5а). Для высоконадежных устройств серии MGDSx-

100, отличающихся входным диапазоном 10,7–100 В, по умолчанию это значение составляет 9,5 В. Обратный запуск происходит автоматически, при увеличении $U_{вх}$ до 10,5 В модуль возвращается в нормальный режим работы и обеспечивает стабилизированное выходное напряжение. Этот гистерезис предохраняет преобразователь от включения и выключения в случае, когда напряжение источника не повышается плавно. В общем случае значение порога регулируется по желанию разработчика путем включения сопротивления R_{uvlo} между выводом UVLO и общим проводом, его номинал рассчитывается по формулам, приведенным в техническом описании компонента. Порог схемы OVLO — нерегулируемый, заводские значения для аналогичного входного диапазона составляют 104 В (блокировка) и 98 В (запуск) соответственно.

Непрерывная защита по току срабатывает, если сопротивление нагрузки оказывается слишком малым (например, имеет место короткое замыкание), а ток превышает определенное пороговое значение, что может привести к выходу модуля из строя. В преобразователях семейства MGDSx-100 защита выполняется схемой ограничения (OCP), срабатывающей при увеличении выходного тока на 30% выше номинального (рис. 5б). В этом случае величина выходного напряжения снижается до 75% от номинального, преобразователь переходит в пульсирующий (hiccup mode) режим работы, в котором он периодически включается для определения наличия перегрузки, и выключается, если это подтверждается. После уменьшения выходного тока ниже заданного порога модуль автоматически стартует в режиме «мягкого» запуска.

Защита от температурных перегрузок (OTP) предназначена для предотвращения выхода из строя модуля в случае перегрева. Повышение температуры преобразователя



Рис. 4. Внешний вид мощных DC/DC-преобразователей GAIA Converter

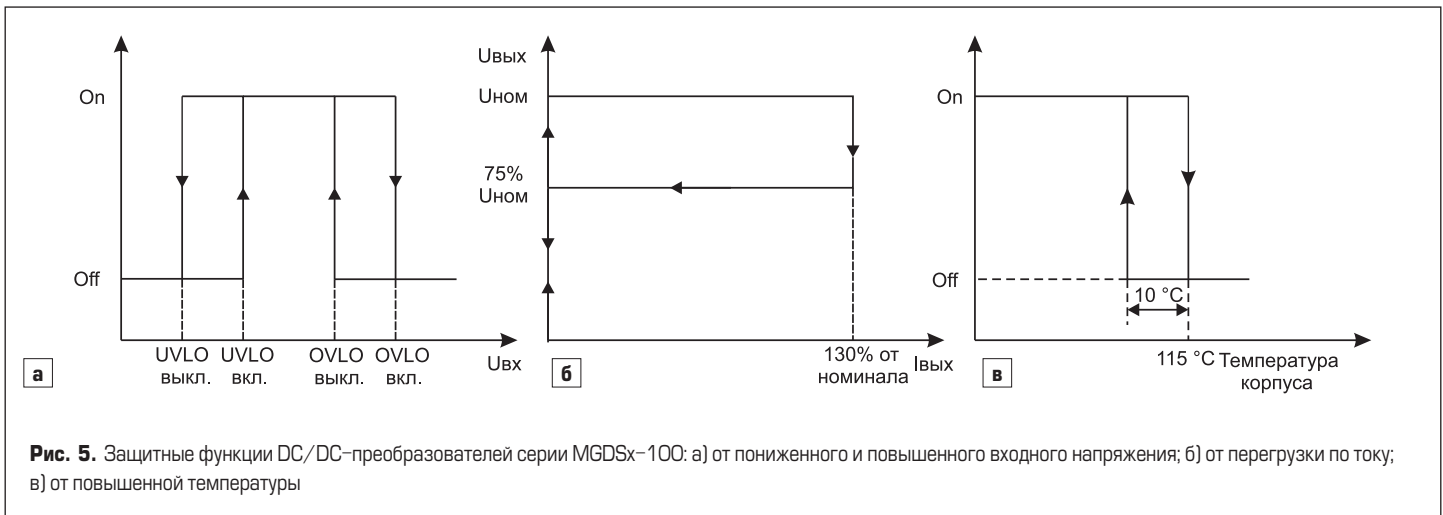


Рис. 5. Защитные функции DC/DC-преобразователей серии MGDSx-100: а) от пониженного и повышенного входного напряжения; б) от перегрузки по току; в) от повышенной температуры

(независимо от причины) сверх предельно допустимых значений вызывает срабатывание защитного механизма — снижение тока в нагрузке или ее полное отключение. Это предотвращает дальнейшее повышение температуры и повреждение устройства. При автоматическом перезапуске повторное включение модуля произойдет только после остывания. Порог температурной защиты для серии MGDSx-100 установлен на +115 °C (±5%) с гистерезисом 10 °C (рис. 5в).

Встроенная схема защиты от превышения выходного напряжения (OVP) срабатывает, если напряжение на выходных контактах пре-

образователя превышает 120% (±5%) от номинального значения. Причиной этого может быть, в частности, подстройка выходного напряжения, а также проверка работоспособности своей аппаратуры при повышенных напряжениях питания.

Вспомогательные функции

DC/DC-преобразователи GAIA Converter обладают несколькими важными свойствами, расширяющими возможности их практического использования. Аналогично защитным цепям, характеристики и величины

вспомогательных схем во многом зависят от определенного семейства, далее продолжим ориентироваться на модули MGDSx-100.

Функция дистанционного включения/выключения (On/Off) существенно повышает гибкость применения преобразователей в современных системах электропитания РЭА, требующих определенного алгоритма подачи питания к отдельным узлам. Она в обязательном порядке присутствует у всех устройств, за исключением модулей серий MGDxx-04, MGDxx-10, MGDSx-18 и MGDxx-25, у которых является опцией, на наличие которой указывает суффикс /M в наименовании из-

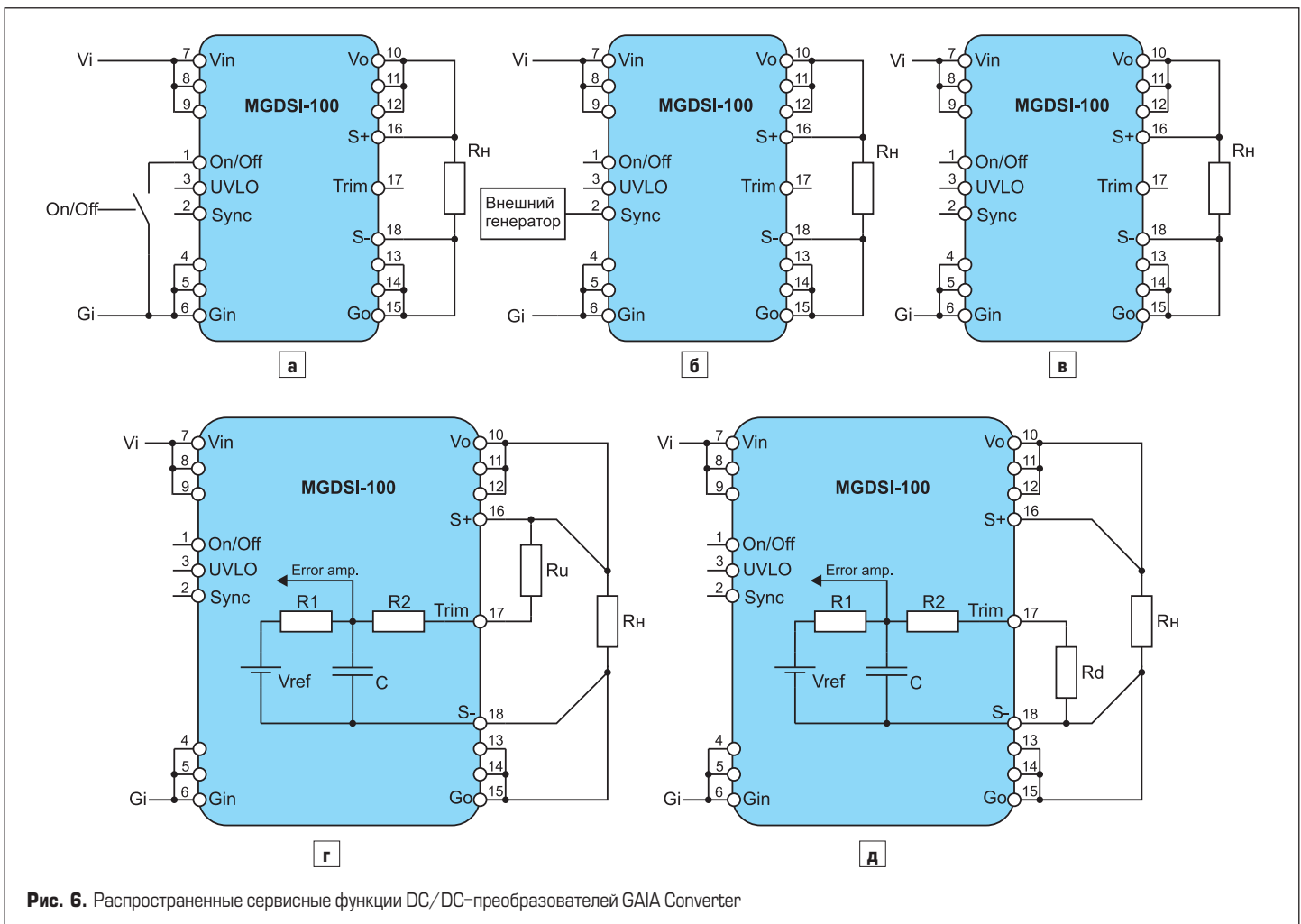


Рис. 6. Распространенные сервисные функции DC/DC-преобразователей GAIA Converter

деля. Выключение модуля выполняется подачей низкого логического уровня (0–0,5 В) относительно общего провода на вывод On/Off при помощи внешнего коммутирующего устройства: механического переключателя, дискретного биполярного или полевого транзистора, оптопары, малоомощного реле и т. д. (рис. 6а). Допускается объединение модулей и использование одного сигнала управления для запуска нескольких преобразователей. Преобразователь находится во включенном состоянии, когда вход On/Off остается свободным, или когда на него подается сигнал высокого уровня (от 3,5 до 5 В). Задержка включения/отключения не превышает 30 мс/100 мкс соответственно.

Вывод внешней синхронизации (Sync) обеспечивает возможность синхронизации внутреннего генератора внешним сигналом (рис. 6б). Несколько преобразователей могут быть объединены между собой для работы на одной общей частоте или же подключены к внешнему источнику тактового сигнала. Частота внешнего синхросигнала должна лежать в допустимых пределах, которые для серии MGDSx-100 составляют 270–300 кГц. Для обеспечения надежного функционирования рекомендуется использовать импульсы прямоугольной формы с длительностью от 300 до 500 нс и временами фронта/спада не более 20/100 нс.

Функция Sense, доступная начиная с 60-Вт модулей, предназначена для компенсации падения напряжения на проводах, связывающих выход конвертера с нагрузкой, расположенной на значительном удалении. Использование измерительных входов обратной связи S+ и S-, соединенных с нагрузкой отдельными шинами, как показано на рис. 6в, позволяет добиться требуемого напряжения непосредственно на контактах нагрузки путем регулировки выхода на величину падения. При значительной длине проводников, которые идут к измерительным входам, их следует выполнять витой парой. Максимальное значение напряжения, которое может быть скомпенсировано, — 10% от номинального выходного напряжения преобразователя.

Функция точной подстройки выходного напряжения (Trim) допускает корректировку на величину от –20 до +10% от номинального значения выхода простым подключением подстроечного резистора между выводом Trim и шиной питания или «землей», в за-

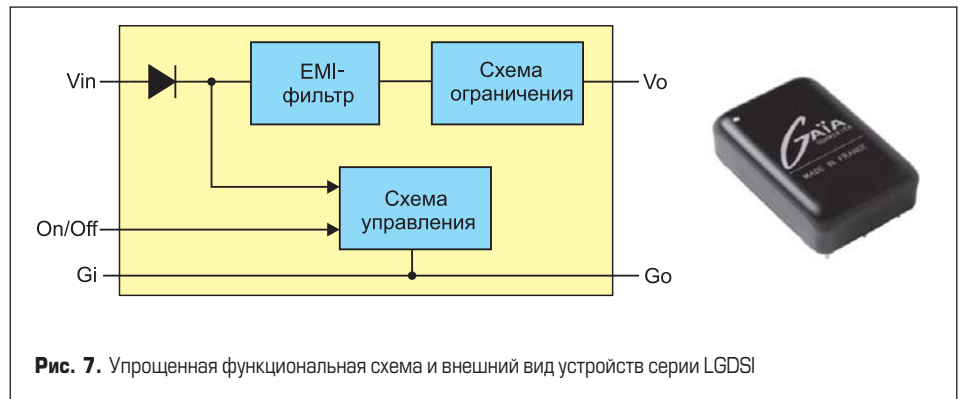


Рис. 7. Упрощенная функциональная схема и внешний вид устройств серии LGDSI

висимости от направления регулировки. Для быстрой подборки требуемого сопротивления рекомендуется использовать многооборотные потенциометры, а сам регулировочный резистор располагать как можно ближе к выводам преобразователя для уменьшения влияния на результат паразитной индуктивности. В обычном случае, при известной величине регулировки, можно использовать постоянный резистор. Если в преобразователях используются выводы S+ и S-, то резистор аналогичным образом соединяется с ними (рис. 6г, 6д). Номиналы сопротивлений Rd и Ru рассчитываются из соотношений, указанных в документации на конкретную серию, также можно воспользоваться онлайн-калькулятором на сайте производителя.

Вспомогательные модули серии LGDSI

Для полного соответствия отраслевым стандартам компания-производитель рекомендует применять DC/DC-преобразователи железнодорожного назначения совместно со своими активными силовыми устройствами функциональной поддержки, разработанными для подавления переходных процессов. Входные модули-ограничители серий LGDSI-50 и LGDSI-75, устанавливаемые непосредственно перед конвертерами напряжения, обеспечивают защиту от кратковременных импульсов и фильтрацию электромагнитных помех согласно требованиям EN 50155, RIA12, IEC571, а также имеют встроенные цепи дистанционного управления и блокировки при включении в обратной полярности (рис. 7). Они оптимизированы для получения высокого уровня КПД (до 98%) во всем диапазоне

мощностей 4–50/75 Вт в зависимости от серии и могут эксплуатироваться при температурах –40...+95 °С [7]. С целью обеспечения максимального качества и надежности модули изготавливаются в металлическом корпусе с размерами 40×26×12,8 мм, залитом с нижней стороны оксидным компаундом.

Модули LGDSI-50, рассчитанные на подавление импульсных скачков напряжений 1,8 кВ/50 мкс, выпускаются в двух модификациях: с входным диапазоном 10–36 В постоянного тока, ограничивающие переходные процессы на уровнях 36 В/1 с и 85 В/20 мс, или с диапазоном 36–154 В, способные защитить от входных значений 165 В/1 с и 385 В/20 мс. Серия LGDSI-75 в настоящее время представлена одной моделью — LGDSI-75-Q-K, имеющей аналогичное строение и предназначенной для работы с 72-, 96- и 110-В шинами питания. Ее входной диапазон составляет 43–154 В.

Примеры реализации модульной архитектуры электропитания для оборудования железнодорожного транспорта

Использование вышеописанной связки компонентов позволяет получить высокую схемную плотность, на ее основе производится ряд готовых устройств, нашедших применение в транспортном оборудовании и полностью соответствующих стандарту EN 50155. На рис. 8а показан компактный преобразователь напряжения, монтируемый в стойку и предназначенный для использования в системах электропитания трамваев. Его основные параметры: номинальное входное напряжение — 110 В по постоянному току, отдаваемая мощность — 60 Вт, выходные напряжения — +5 и ±12 В. Преобразователь для



Рис. 8. Внешний вид готовых модульных источников питания железнодорожного оборудования

установки в стойку формата 3U, показанный на рис. 8б, построен на основе модулей серий LGDSI-50 и MGDSI-60. Он относится к источникам питания средней мощности, его входной диапазон составляет 36–140 В с возможностью работы при скачках напряжений до 175 В, на выходе — высокостабильное напряжение 12 В. Одноканальный преобразователь для монтажа в евро-стойку 3U/4TE удовлетворяет требования стандарта защиты IEC-801-4-5 (уровень 4) и имеет несколько модификаций с номинальными значениями выхода 3,3; 5 или 24 В (рис. 8в).

Заключение

При проектировании систем электропитания высоконадежной аппаратуры, применяемой на транспорте, инженерам приходится решать множество технических задач, в числе которых обеспечение электромагнит-

ной совместимости, устойчивости к колебаниям входного напряжения, вибрационным и ударным воздействиям, а также к перепадам температур. Продукция компании GAIA Converter, обладающая широкими функциональными возможностями, хорошей технической поддержкой и изготавливаемая с учетом жестких требований к параметрам и качеству изделий, позволяет создавать системы питания с большим запасом прочности, соответствующие требованиям международных отраслевых стандартов.

Литература

1. Using modular DC/DC converter for battery powered railway applications. // Application note. May 2010. <http://gaia-converter.com/index.php/remository/app-notes/Modular-DC-DC-Converters-for-Battery-Powered-Railway-Applications>
2. Surge and EMI filter recommendations for 4W up to 200W modules. // Application note. January 2015. <http://gaia-converter.com/index.php/remository/app-notes/Surge--and--EMI-Filter-Recommendations-up-to-200W>
3. <http://gaia-converter.com>
4. Hi-Rel DC/DC converter MGDxx-10: 10W power. Datasheet. January, 2016. <http://gaia-converter.com/index.php/prod/high-reliability-dc-dc-converters/10-watt-mgdx-10-series>
5. Hi-Rel DC/DC converter MGDDx-60: 60W power. Datasheet. November, 2014. <http://gaia-converter.com/docs/ds/MGDD60W.pdf>
6. Hi-Rel DC/DC converter MGDSx-100: 100W power. Datasheet. October, 2013. <http://gaia-converter.com/index.php/prod/high-reliability-dc-dc-converters/100-watt-mgdx-100-series>
7. Industrial limiter module LGDI-50: 50W power. Datasheet. November, 2014. // <http://gaia-converter.com/50-watt-lgdsi-50-series>