

# Компактные высоковольтные DC/DC-преобразователи напряжения компании Pico Electronics

Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ  
info@icquest.ru

Компания Pico Electronics предлагает линейку высоковольтных DC/DC-преобразователей в модульном исполнении. Обладающие широкими функциональными возможностями, стандартными значениями входных и выходных напряжений, а также долговременной надежностью в жестких условиях эксплуатации преобразователи данного типа адаптированы для применения в схемах с распределенной архитектурой питания. В обзорной статье рассматриваются ключевые технические параметры и схемотехнические особенности популярных семейств высоковольтных DC/DC-преобразователей.

## Введение

Компания Pico Electronics, основанная в 1967 году, первоначально была ориентирована на разработку и выпуск миниатюрных магнитных компонентов с высоким уровнем качества и надежности для нужд военной и гражданской авиации. Сегодня Pico Electronics — известный производитель малогабаритных катушек индуктивностей и трансформаторов различного назначения, корректоров коэффициента мощности, изолированных AC/DC-источников питания и широкого спектра DC/DC-преобразователей с выходным напряжением до 10 кВ и мощностью до 300 Вт [1]. Каталог продукции компании включает более шести тысяч наименований, которые могут быть обнаружены «во всем, что летает» — от одномоторных частных самолетов до международных космических станций. В дополнение к аэрокосмической Pico Electronics поставляет свои изделия для оборонной, нефтедобывающей и других отраслей промышленности, в которых существует потребность в компактных и долговечных компонентах, способных надежно функционировать в жестких условиях окружающей среды. Помимо серийно выпускаемых линеек продукции, производитель предлагает заказные и модифицированные стандартные решения для сквозного и поверхностного монтажа, параметры которых максимально соответствуют требованиям рынка.

DC/DC-преобразователи, составляющие наиболее обширную группу продукции компании, условно подразделяются на:

- ультраминиатюрные: серии AT/SAT, DT/SDT, A/SM, M, B/SB, MR, C/SC, E/SE мощностью 0,75–7 Вт и размерами от 1,3×1,3×0,5 см;
- со стабилизированным выходом: серии FR/SFR и XGR/XSGR мощностью 1 и 4,5 Вт соответственно;
- с широким входным диапазоном и стабилизированным выходом: серии OR/SOR, LR/PLR, SIR, IR, JR, LV, HV, KR, NR с мощностью 2,5–30 Вт;
- высоковольтные: семейства AVR, AV/SMV, AVP/AVN, SA, SAR, VV/SVV, HVP с мощностью 1–10 Вт и максимальным выходным напряжением 10 кВ;
- мощные высоковольтные: серии QR и HiQR, DC1 и DC3, LP, P, HP, HIP с мощностью 50–300 Вт.

В настоящее время одним из актуальных направлений развития компании наряду с повышением КПД преобразователей напряжения

и уменьшением их габаритов является модернизация и расширение линейки высоковольтной продукции. Накопленный за десятилетия работы опыт в области проектирования и производства высоковольтных компонентов позволяет выпускать на рынок новые модели в компактных корпусах, обладающие превосходными техническими характеристиками. Рассмотрим далее особенности продукции данного типа.

## Высоковольтные DC/DC-преобразователи напряжения

Группа высоковольтных DC/DC-преобразователей напряжения компании Pico Electronics объединяет 18 различных семейств, выполненных в корпусах для сквозного и поверхностного монтажа на печатную плату и предназначенных для построения экономически эффективных и высоконадежных систем электропитания. Каждое семейство содержит десятки конвертеров напряжения постоянного тока в модульном исполнении, отличающихся друг от друга, прежде всего, входными и выходными напряжениями, а также максимальным током нагрузки.

Популярная концепция построения источников питания на основе отдельных модулей со стандартизированными входными и выходными напряжениями позволяет избежать множества значительных проблем, а также время- и трудозатрат, возникающих в случае разработки требуемой подсистемы высоковольтного питания собственными силами [2]. Выбор внутренних компонентов и расчет схемотехнической части, задачи корпусирования и отвода тепла, оценка надежности и срока бесперебойной эксплуатации, испытания на воздействие факторов окружающей среды — все эти обязательные вопросы, возникающие на различных этапах проектирования, отдаются в руки высококвалифицированных профессионалов в данной области, а пользователи могут сосредоточиться на выполнении своей основной задачи. Широкий выбор стандартных модулей Pico Electronics, представляющих собой герметизированные скомпонованные сборки, предлагает разработчикам возможность комбинировать их согласно индивидуальным требованиям и получить при этом гибкость применения, заключающуюся в оперативном изменении параметров системы. Малогабаритные DC/DC-преобразователи, формирующие высоковольтные выходные каналы,

Таблица. Основные характеристики высоковольтных DC/DC-преобразователей Pico Electronics

Серия	Выходная мощность, Вт (max)	Входные напряжения, В	Число каналов	Выходные напряжения, В	Погрешность выходного напряжения (max), %	Шум выходного напряжения, В (п-п)	КПД, % (max)	Рабочая частота, кГц	Дополнительные функции	Габариты корпуса, см
AVR	1	5; 12; 24; 28	1	100–1000, с шагом 100 В	±0,25	0,25%	65	25–33	IOVP, OCP, OTP, SHDN	3,2×1,8×1,3
AV и SMV	1,25	5; 12; 15; 24; 28	1/2	100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 600; 700; 800; 900; 1000 / ±100; ±150; ±200; ±250	±3	0,9–3	81	20–40	–	1,3×1,3×1,3
AV		5; 12; 15; 24; 28; 48	1500–5000, с шагом 500 В	75–125		80				
AVP/AVN			6000–10 000, с шагом 1000 В / –6000...–10 000, с шагом 1000 В	150–200		77				
SA	3	5; 12; 24; 28	1	100–500, с шагом 50 В; 500–1000, с шагом 100 В	±0,5	0,8–2%	87	250–500	IOVP, OTP, SHDN	1,9×1,4×1,1
SAR		5; 12; 24		100; 250; 500; 1000; 1500		0,15–0,4%	81	125–450	IOVP, OTP, SHDN, ADJ	2,8×2×1,1
VV и SVV	4	5; 12; 24; 28; 48	1	100; 200; 300; 400; 500	–	0,2–0,5%	89	8–25	–	3,1×3,6×1,1
HVP	5	12		100, 250, 500, 1000–6000, с шагом 1 кВ / –100, –250, –500, –1000...–6000, с шагом 1 кВ		0,07–0,15%	70	55–110	IOVP, OCP, OTP, ADJ, MON	6,5×3,3×1,3
VV	10	5; 9; 12; 15; 24; 28; 48	1	100–900, с шагом 100 В; 1000–10 000, с шагом 1 кВ	±0,5	3–5%	84	8–25	–	5,7×2,9×1,3
QP	50	6; 12; 24; 28		5; 12; 15; 24; 28; 48; 100–500, с шагом 100 В		0,02–0,2	90	150	IOVP, IUVP, OCP, OTP, SHDN, TRIM, BIAS	6,4×3,9×1,3
HIQP		125–475	24; 28; 48; 100; 200	0,35–0,75	80–110	IOVP, IUVP, OCP, OTP, SHDN, TRIM, LDSH				
DC3	75	300–900	1/2	3,3; 5; 5,2; 9; 12; 15; 24; 28; 48; 100–300, с шагом 25 В / ±5; ±12; ±15; ±24; ±28	±1	0,075–0,3	85	66	OCP, SHDN	8,2×5,8×1,8
LPx		18–36; 36–72; 100–180; 200–380		3,3; 5; 5,2; 9; 12; 15; 24; 28; 48; 100–250, с шагом 25 В / ±5; ±9; ±12; ±15; ±24; ±28; ±48		0,075–0,3	87	100	IOVP, IUVP, OCP, OTP, SHDN, TRIM	6,1×5,8×1,3
Px	100	15; 28	1	3,3; 5; 5,2; 9; 12; 15; 24; 28; 48; 100–350, с шагом 25 В / ±5; ±9; ±12; ±15; ±24; ±28; ±48	±0,5	1%	88	100	IOVP, IUVP, OCP, OTP, SHDN, TRIM	11,7×6,1×1,3
HIP				100; 200; 300; 400; 500		0,5–2,5	340	IOVP, IUVP, OCP, OTP, SHDN, ADJ, SYNC, MON	7,6×5,1×1,3	
HPx	300	36–72; 100–180; 200–380	1/2	3,3; 5; 5,2; 9; 12; 15; 24; 28; 48; 100–350, с шагом 25 В / ±5; ±9; ±12; ±15; ±24; ±28; ±48	±0,5	1%	86	100	IOVP, IUVP, OCP, OTP, SHDN, TRIM	11,7×6,4×1,3
DC1		120–370	1	5; 9; 12; 15; 24; 28; 48; 100–300, с шагом 25 В		0,1–0,5	85	100	OCP, OTP, SENSE	11,7×6,4×2

рекомендованы для использования в распределенных системах электропитания, то есть могут монтироваться в непосредственной близости от потребителей высокого напряжения. Перечень опциональных испытаний, доступных по желанию заказчика, включает тестирование на соответствие нормам стандарта MIL-STD-883, термоэлектротренировку при максимальной мощности и температуре корпуса +125 °С, стабилизирующий прогрев (до +125 °С) и термостабильность (–55...+125 °С). Наличие дистанционного управления (SHDN, Shutdown), настройки выходного напряжения (ADJ, Adjustment), мониторинга выхода (MON, Monitoring) и синхронизации нескольких устройств (SYNC, Synchronization), а также встроенных схем защиты от пониженного (IOVP, Input Under Voltage Protection) и повышенного (IOVP, Input Over Voltage Protection) входного напряжения, перегрузки по току (OCP, Over Current Protection), превышения температуры (OTP, Over Temperature Protection) позволяет повысить гибкость и безопасность работы. В таблице приведены основные технические характеристики высоковольтных семейств DC/DC-преобразователей Pico Electronics.

Широко распространенные маломощные (1,25-Вт) серии AV и SMV для сквозного и планарного монтажа соответственно предназначены для приложений, в которых размер и вес являются ключевыми факторами. Изолированные DC/DC-преобразователи с фиксированным выходным напряжением, выполненные в ультраминиатюрных герме-

тизированных корпусах высотой не более 1 см и массой до 5 г, способны стабильно функционировать при рабочих температурах –25...+70 °С без применения внешних компонентов и дополнительного теплоотвода. Также существует возможность заказа устройств с расширенным диапазоном рабочих температур (–55...+85 °С) для использования в военных разработках (по запросу к производителю). В настоящее время доступно 324 одно- и двухканальных модуля с входными напряжениями 5, 12, 15, 24, 28 или 48 В (±10%) и пропорциональными им выходными вплоть до 5 кВ с погрешностью установки, не превышающей 3%. Гальваническая изоляция вход/выход составляет 100 МОм (при тестовом напряжении 1000 В DC), типовое значение температурного коэффициента для всех моделей находится в пределах 0,02–0,05%/°С. Традиционная

схема подключения моделей с одним и двумя выходными каналами изображена на рис. 1.

Аналогичную конструкцию и большинство технических характеристик имеют совместимые между собой по выводам компоненты новых серий AVP и AVN. Основное их отличие заключается в еще более высоких уровнях выходных напряжений, достигающих значений 10 кВ у серии AVP и –10 кВ — у AVN. 50 нерегулируемых модулей, представляющих собой одноканальные низкопрофильные преобразователи положительного или отрицательного напряжения постоянного тока, предназначены для монтажа в отверстия на печатной плате. Стандартные модели обеспечивают стабильное выходное напряжение из ряда 6000–10000 В (шаг 1 кВ) при рабочих температурах –25...+70 °С, для получения других номиналов или расширенного температурного

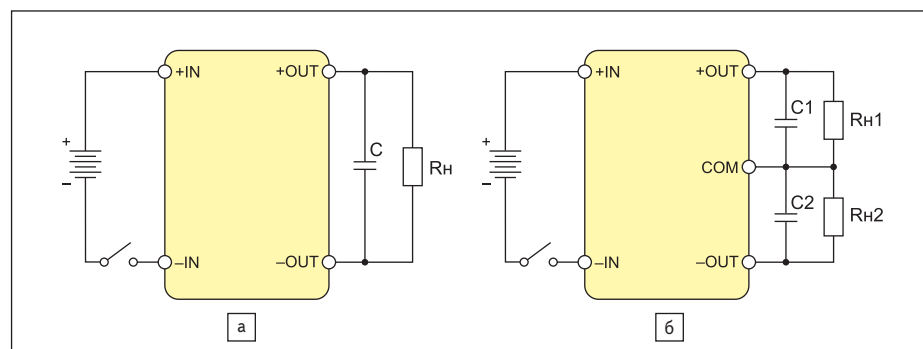


Рис. 1. Типовые схемы включения DC/DC-преобразователей серий AV и SMV: а) с одним выходными каналами; б) с двумя выходными каналами

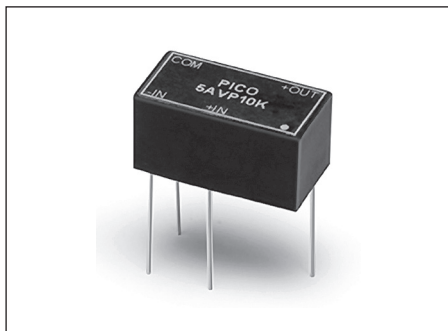


Рис. 2. Внешний вид DC/DC-преобразователей серий AVP и AVN

диапазона необходимо обратиться к производителю. Точность поддержания выходного напряжения при полной нагрузке и номинальном входном напряжении составляет  $\pm 3\%$ , а его температурный коэффициент не превышает  $0,05\%/^{\circ}\text{C}$  для всех моделей. На рис. 2 приведен внешний вид преобразователей серий AVP и AVN.

Электрическая схема выполнена с применением изолирующего трансформатора, частота преобразования лежит в диапазоне 20–40 кГц. Из эксплуатационных требований можно отметить необходимость обязательной минимальной 10%-ной нагрузки. Модели, соответствующие стандарту MIL-STD-883, отбираются изготовителем по запросу.

Серия SA, имеющая повышенную до 3 Вт мощность, обеспечивает высокостабильные выходные напряжения, пропорциональные входным из ряда 5, 12, 24 или 28 В, в диапазоне 100–1000 В с погрешностью установки  $\pm 3\%$ . Каждой модели соответствует аналогичный вариант для планарного монтажа, в этом случае в конце наименования добавляются буквы SM. Все компоненты выпускаются в малогабаритных герметичных корпусах из термостойкого пластика высотой 1 или 1,1 см в зависимости от способа монтажа (сквозного или поверхностного). Высокое значение КПД (до 87%) позволяет использовать преобразователи данной серии без дополнительного радиатора охлаждения. Встроенная схема защиты от перенапряжения на входе, срабатывающая при превышении номинального значения на 20%, и внутренний датчик температуры, отключающий конвертер при  $+125^{\circ}\text{C}$ , обеспечивают безопасное функционирование модуля. Серия SA адаптирована для совместного использования с ультразвуковыми преобразователями, лавинными фотодиодами, фотоэлектронными умножителями, пьезодрайверами, электростатическими линзами, схемами отклонения электронного луча и заряда высоковольтных конденсаторов. Все предлагаемые устройства имеют отвод от средней точки, что делает возможным получение на выходе двух напряжений положительной и отрицательной полярности с величиной в 2 раза

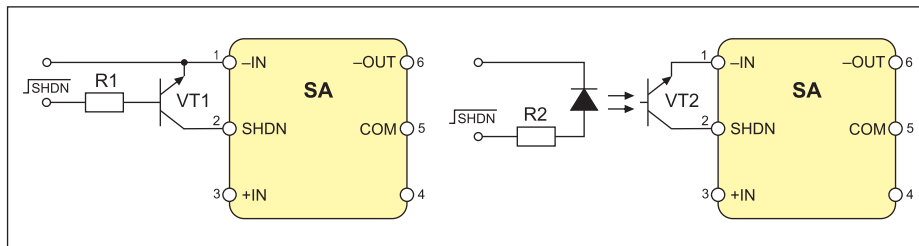


Рис. 3. Типовые схемы использования вывода SHDN

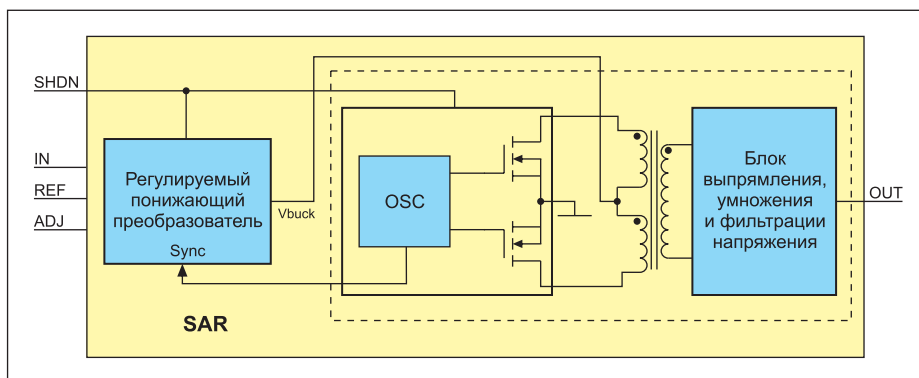


Рис. 4. Упрощенная структурная схема преобразователей семейства SAR

меньше номинальной, при этом нагрузки подключаются между контактами +Out и Com или -Out и Com. Для дистанционного управления предназначен дополнительный вывод SHDN, отключающий модуль при подаче на него низкого логического уровня (менее 0,4 В). Эта функция также полезна при организации определенной последовательности включения отдельных преобразователей в сложных системах электропитания (рис. 3).

Главной особенностью высоковольтных DC/DC-преобразователей серии SAR является наличие функции регулировки выходного напряжения практически от нулевого значения до номинала (100–1500 В), осуществляемой путем подключения подстроечного резистора к специализированному выводу ADJ. Модули этого семейства имеют эффективность преобразования до 81% и высокий уровень стабилизации выхода, изменение напряжения входной шины вызывает дополнительную погрешность не более 0,1% для устройств с входными напряжениями 5 или 12 В и не более 0,5% для 24-В моделей. Частота преобразования фиксированная, в зависимости от модели принимает значения 125–450 кГц, выходной шум не более 0,5% от номинала. Структурная схема устройств серии SAR показана на рис. 4. Как видно, преобразование выполняется в два этапа: на первом происходит регулировка и понижение напряжения входной шины, на втором — получение заданного значения при помощи схемы с повышающим трансформатором.

Преобразователи серии SAR содержат встроенные схемы блокировки при повы-

шенных или пониженных напряжениях на входе и защиты от превышения рабочей температуры, а также имеют возможность удаленного включения/выключения. Рабочая температура стандартных промышленных модулей находится в диапазоне  $-25...+75^{\circ}\text{C}$ , при соблюдении заданного температурного режима нет необходимости в установке радиатора. Для военных и высоконадежных применений компанией производятся модули с расширенным диапазоном рабочих температур  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ . Дополнительно предусмотрены опции отбора на соответствие требованиям MIL-STD-883 и MIL-STD-202, гарантирующие устойчивость работы DC/DC-преобразователей в жестких условиях эксплуатации при наличии вибрации, ударов и повышенной влажности. Конструктивно преобразователи представляют собой модули размерами  $2,8 \times 2 \times 1,1$  см, выполненные из высокотемпературного пластика и герметизированные эпоксидной смолой. Модификация для поверхностного монтажа включает буквы SM в наименовании изделия.

Серия однофазных преобразователей AVR с четырьмя входными номиналами 5, 12, 24 и 28 В ( $\pm 10\%$ ) обеспечивает высокие напряжения от 100 до 1000 В, необходимые для решения задач фокусировки и отклонения электронных лучей, управления пьезопреобразователями и фотоэлектронными умножителями. Модули, выгодно отличающиеся стабильностью выхода при изменении нагрузки (0,25% во всем диапазоне) и низким температурным коэффициентом, не превышающим  $0,025 \text{ В}/^{\circ}\text{C}$ , представлены в корпусах для сквозного монтажа.

Одноканальные преобразователи серии HVP с регулируемыми положительными или отрицательными выходными напряжениями предназначены для работы с 12-В входной шиной (диапазон 11–16 В). На полярность выхода указывает соответствующая буква в наименовании изделия, например, модуль HVP4P — преобразователь с настраиваемым в пределах 0–4 кВ напряжением, HVP4N — такой же, но с диапазоном 0...–4 кВ. Значение выхода программируется посредством подачи через подстроечный резистор на вход PROG напряжения 0...+5 В от встроенного ИОН, как показано на рис. 5, нулевому напряжению на входе PROG соответствует 0 на выходе модуля, напряжению 5 В — номинал.

Дополнительный вывод мониторинга MON, уровень напряжения на котором пропорционален выходному, может быть полезен при организации обратной связи. Компоненты данного семейства обладают хорошими эксплуатационными характеристиками: нестабильность по сети 0,005%, по нагрузке менее 0,01%, температурный коэффициент не более 50 ppm/°C. Конструктивно выпускаются в высококачественных металлических экранированных корпусах размерами 6,5×3,3×1,3 см и весом 50 г.

Серия HIP с максимальной мощностью 100 Вт и КПД до 88% относится к программируемым модулям с широкими функциональными возможностями и полным набором доступных защитных функций. Эти преобразователи способны заменить более громоздкие модули в применениях, требующих стабилизированного постоянного высокого напряжения величиной 100–500 В с возможностью регулировки в пределах 10–100% от номинального значения. Подстройка выхода осуществляется аналогично преобразователям серии HVP, используемый для данной цели интегрированный источник опорного напряжения имеет погрешность выхода  $\pm 4\%$  и нагрузочный ток 7 мА. Выходное напряжение мало зависит от изменения нагрузки и питающего напряжения, его нестабильность по сети составляет 0,2%, по нагрузке — 0,5% во всем диапазоне. Серия HIP предназначена для эксплуатации при температурах 0...+85 °C, в данном диапазоне температурный коэффициент напряжения не превышает 0,005%. Из не рассмотренных ранее функций можно отметить наличие регулировки порога ограничения тока. По умолчанию данная схема защиты срабатывает при токе нагрузки на 30% выше номинального, при необходимости величину порога можно изменить, подключив внешний потенциометр или источник питания (рис. 6). Дополнительный вывод SYNC выполняет синхронизацию двух и более модулей HIP для обеспечения их функционирования на высшей частоте преобразования.

Одноканальные низкопрофильные серии VV и SVV для сквозного и планарного монтажа соответственно надежно функционируют при температурах –25...+70 °C без ухудшения электрических характеристик. Их выходное напряжение прямо пропорционально входному, максимальный ток нагрузки обеспечивается во всем диапазоне входных напряжений, а эффективность преобразования достигает 89%. Изначально миниатюрные герметизированные преобразователи были рассчитаны на максимальную мощность 4 Вт, входные напряжения

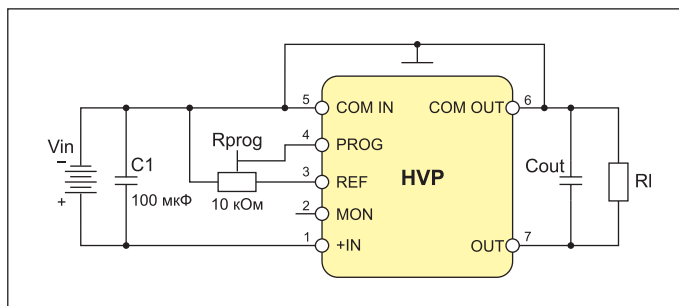


Рис. 5. Схема подключения модуля серии HVP

5, 12, 24, 28 или 48 В и пять стандартных выходов с номинальными значениями 100–500 В. В дальнейшем серия VV, пользующаяся повышенной популярностью, получила развитие и была расширена за счет моделей с выходными напряжениями до 10 кВ и мощностью до 10 Вт.

К высоковольтным можно отнести и семейство QP, обладающее широким диапазоном входных напряжений (2:1) и малым уровнем пульсации на выходе. Изолированные преобразователи данной серии предназначены для типовых входных напряжений 6, 12, 24 и 28 В, применяемых в автомобильных устройствах, промышленном и телекоммуникационном оборудовании. Помимо моделей с выходными напряжениями из стандартного ряда 5, 12, 15, 24, 28 и 48 В, предлагаются устройства с номиналами 100–500 В, КПД, достигающим 90%, и максимальным током нагрузки 0,5 А. Безопасное функционирование обеспечивается встроенной защитой от перегрева, перегрузки по току, пониженного и повышенного входного напряжения, короткого замыкания на выходе. Ряд других ключевых особенностей (возможность удаленного включения/выключения, наличие точной регулировки выходного напряжения и отсутствие оптической развязки) позволяет использовать данные преобразователи в аппаратуре АСУ ТП, устройствах военного и аэрокосмического назначения. Корректировка выходного напряжения на 5% «вниз» от номинала осуществляется включением резистора между выводом TRIM и выходом встроенного 3-В источника опорного напряжения. В качестве подстроечных можно использовать многооборотные резисторы, располагаемые как можно ближе к выводам преобразователя для уменьшения влияния на результат паразитной индуктивности.

Серия HiQP является продолжением линейки 50-ваттных DC/DC-модулей QP, отличаясь более высоким уровнем входных напряжений (125–475 В). Она обеспечивает пять выходных напряжений в диапазоне 24–200 В и рассчитана на максимальную мощность 50 Вт. Вся серия подразделяется на три группы с аналогичными электрическими характеристиками, но разной допустимой температурой эксплуатации. Диапазон рабочих температур стандартных модулей HiQP составляет 0...+70 °C, модулей промышленного применения HiQP-I предусматривает –40...+95 °C, а высоконадежного назначения HiQP-M достигает –55...+95 °C. Из дополнительных опций добавлена защита

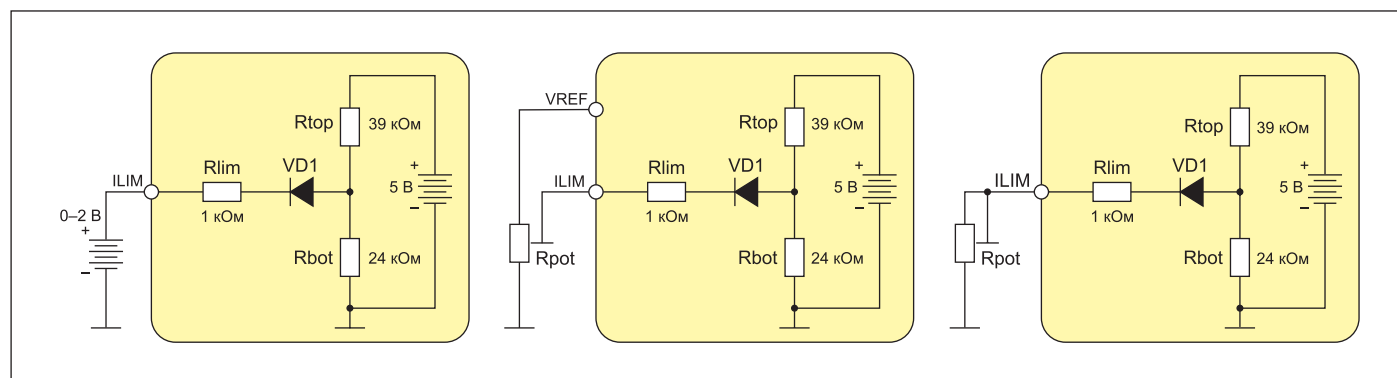


Рис. 6. Возможные способы регулировки порога ограничения выходного тока



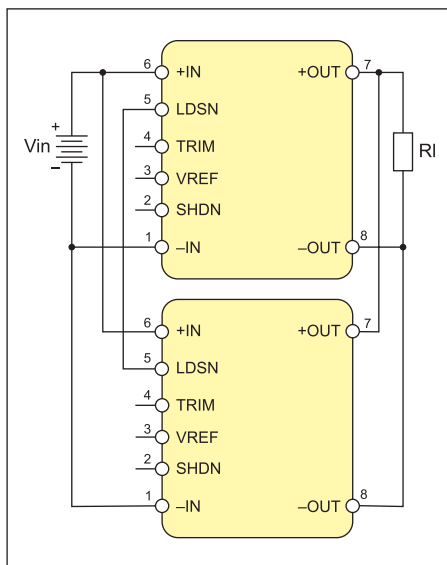


Рис. 7. Схема параллельного соединения двух модулей серии HiQP

от перенапряжения на выходе (OVP, Output Over Voltage Protection), выходное напряжение регулируется в пределах  $\pm 15\%$ . Также доступна функция параллельного объединения модулей, полезная при построении мощных источников питания (рис. 7). Распределение токов нагрузки осуществляется при помощи специализированных выводов LDSH (Load Sharing).

Новая серия DC1 поддерживает диапазон входного напряжения 120–370 В DC, выдавая на изолированные выходы 5–300 В при мощности до 300 Вт. Модули преобразователей высокого напряжения, работающие на фиксированной частоте 100 кГц, имеют защиту от перегрузки по току, включения в обратной полярности и перегрева, уровень выходного шума у ряда моделей не превышает 75 мВ. Типовые устройства рассчитаны на эксплуатацию при температурах 0...+85 °С, возможно уменьшение нижнего предела до –40 °С (по запросу к производителю). Модули с выходным напряжением до 48 В оснащены встроенной

схемой компенсации падения напряжения на проводах (до 1 В), связывающих выход конвертеров с нагрузкой, расположенной на значительном удалении. Величина падения напряжения зависит от протекающего тока, длины и ширины проводников или трасс на печатной плате. Для примера на рис. 8 рассмотрен вариант с преобразователем DC1-12S и заданным значением падения 0,2 В. Использование измерительных входов обратной связи Sense+ и Sense–, соединенных с нагрузкой отдельными шинами, позволяет добиться требуемого напряжения непосредственно на нагрузке путем регулировки выхода на величину падения.

Серия DC3, по сравнению с DC1, отличается более высоким диапазоном входных напряжений (300–900 В) и расширенным диапазоном выходных. Включает 44 модели, предназначенные для монтажа в отверстия на печатной плате либо соединения со схемой при помощи клеммников, размеры корпусов не превышают 8,2×5,8×1,8 см. Одно- и двухканальные модули с максимальной мощностью 50 Вт демонстрируют неплохие точностные характеристики: нестабильность по сети —  $\pm 1\%$ , по нагрузке —  $\pm 2\%$  (при изменении от 10 до 100%), температурный коэффициент — не более 0,02%/°С.

Также следует упомянуть серии LPx, Rx и HPx, имеющие в своем составе группу высоковольтных компонентов с номинальными напряжениями выхода вплоть до 350 В DC. Вместо x подставляются буквы A, B, C или D в зависимости от выбранного диапазона входных напряжений (18–36, 36–72, 100–180 или 200–380 В соответственно). Напряжение выходной шины регулируется в пределах  $\pm 5\%$  подключением резистора к выводу TRIM. DC/DC-преобразователи данных серий имеют опциональную функцию параллельного включения, применяемую для увеличения выходной мощности. Модули с этой функцией отличаются наличием суффикса P в наименовании, например PA5SP, PB5SP, PC5SP, PD5SP.

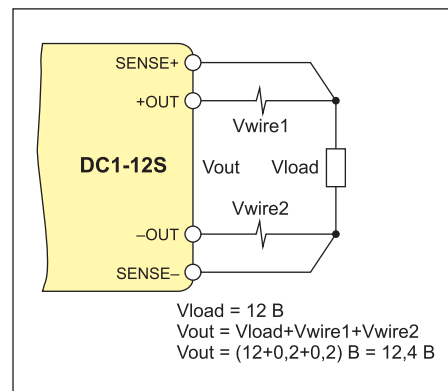


Рис. 8. Способ компенсации падения выходного напряжения у преобразователей серии DC1

## Заключение

Высоковольтные DC/DC-преобразователи компании Pico Electronics обладают рядом ключевых особенностей, к которым относятся компактность, надежность, высокая стабильность рабочих характеристик, наличие защитных и вспомогательных функций. Линейка продукции данного типа отличается хорошим разнообразием, достаточным для построения источников питания с различными значениями входных и выходных напряжений. Использование модульного принципа при организации требуемой подсистемы высоковольтного питания позволяет избежать множества проблем, возникающих при разработке, и получить гибкость применения, состоящую в оперативном изменении параметров системы при необходимости. ■

## Литература

1. Официальный сайт компании Pico Electronics. [www.picoelectronics.com](http://www.picoelectronics.com)
2. Жданкин В. Высоковольтные преобразователи напряжения в виде стандартных модулей: просто, компактно, экономно // Современная электроника. 2016. № 4.