

ИЗОЛИРОВАННЫЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ MURATA ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В.Ежов

УДК 621.314.1
БАК 05.27.00

Murata Power Solutions – подразделение силовой электроники компании Murata Manufacturing – занимает ведущие позиции на рынке DC/DC-преобразователей для самых разных областей применения: от портативных мобильных устройств и медицинских приборов до телекоммуникационного оборудования и систем освещения. Среди выпускаемых Murata PS типов преобразователей особое место занимают изолированные DC/DC-преобразователи для промышленных применений. Их отличают высокая эффективность и надежность, способность выдерживать значительные броски входного напряжения, малый уровень электромагнитных помех, широкий диапазон рабочих температур. Рассмотрим популярные серии изолированных DC/DC-преобразователей от Murata PS, которые позволяют решать широкий круг задач при построении промышленных систем.

Изолированные DC/DC-преобразователи применяются там, где необходимо создать гальваническую развязку между входными и выходными цепями. Например, обеспечить развязку линий передачи данных и каналов управления от других сигнальных и силовых цепей с определенными требованиями к прочности изоляции. При выборе прочности изоляции важно уточнить в технической документации на преобразователь, в каких режимах она тестировалась. Испытательное напряжение может прикладываться между входом и выходом в течение времени от одной секунды до одной минуты и более. DC/DC-преобразователи с неизолированным выходом рассчитаны, как правило, на меньшую мощность и подходят только для решения задач стабилизации и преобразования уровней напряжения питания.

Выпускаемые компанией Murata PS изолированные DC/DC-преобразователи представлены двумя основными типами – нестабилизированным и стабилизированным. Нестабилизированные преобразователи допускают значительное изменение выходного напряжения при изменении нагрузки и входного напряжения. У таких устройств нестабильность по входному напряжению может достигать 5–8%. Поэтому они часто применяются в устройствах, где стабилизированное напряжение уже доступно, но необходимо получить другой уровень напряжения для питания части схемы. Это позволяет снабжать устройство питанием при помощи только одного напряжения. Нестабилизированные преобразователи могут применяться для гальванической развязки по напряжению питания в устройствах с питанием от стабилизированного напряжения.

Стабилизированные преобразователи имеют значительно более сложную схему и обеспечивают стабильность выходного напряжения во всем диапазоне допустимых нагрузок и напряжений питания (нестабильность выходного напряжения не превышает 1%). Диапазон допустимых напряжений питания, как правило, также значительно шире.

Большая часть DC/DC-преобразователей Murata PS относится к стабилизированным устройствам с изолированным выходом. О них расскажем подробнее.

Номенклатура изолированных DC/DC-преобразователей Murata PS для промышленных приложений представлена устройствами мощностью от 0,25 до 600 Вт в корпусах SIP, DIP, 1"×1", 2"×2", а также в корпусах для поверхностного монтажа. Выпускаются также DC/DC-преобразователи в открытом исполнении – их конструкция представляет собой печатную плату, которая может устанавливаться отдельно либо на другую печатную плату. Кроме того, многие модели выполняются в металлических экранированных корпусах для защиты от электромагнитных помех. Промышленным стандартом являются преобразователи в формате brick, который заимствован из телекоммуникационной аппаратуры. Он обозначается как кратная доля от "кирпича" (brick) размером 2,3"×4,5": ½ brick, ¼ brick, ⅛ brick, ⅙ brick.

Применение в промышленных системах, будь то системы автоматизации, управления двигателями, телекоммуникационные системы, железнодорожный или автомобильный транспорт, предъявляет специфические требования к изолированным DC/DC-преобразователям. Они должны иметь широкий диапазон входного напряжения и быть устойчивыми к провалам, пульсациям и помехам напряжения питания. С учетом жестких условий эксплуатации DC/DC-преобразователи для промышленных систем должны иметь длительный срок службы, расширенный температурный диапазон, быть стойкими к вибрационным и ударным нагрузкам. Обязательное требование к таким устройствам – наличие полного комплекта защит, в том числе от перегрузки по току и напряжению, от перегрева и короткого замыкания на выходе. Во многих промышленных приложениях невозможно обеспечить принудительное охлаждение воздушным потоком, поэтому корпус мощного преобразователя должен иметь малое тепловое сопротивление для улучшения условий отвода тепла.

Рассмотрим наиболее интересные и перспективные серии изолированных DC/DC-преобразователей для промышленных приложений, предлагаемых компанией Murata PS.

Начнем с серии **RUW15**. Особенность этих устройств – сверхширокий диапазон входного напряжения: от 16

до 160 В. Изолированные DC/DC-преобразователи с выходной мощностью 15 Вт предназначены для применения на железнодорожном транспорте и в других приложениях, где возможны значительные броски и провалы в питающей сети. Способность устройств выдерживать значительные переходные процессы на входе позволяет фактически отказаться от использования защитных цепей на входе.

Преобразователи серии RUW15 обладают высокой устойчивостью к провалам питания на входе. Например, для обеспечения стабильного выходного напряжения при пропадании питания в течение 120 мс при полной нагрузке достаточно установить перед преобразователем конденсатор емкостью порядка 900 мкФ, подключаемый между выводами $+V_{INT}$ и $-V_{INT}$.

В серию RUW15 входят модели с номинальным выходным напряжением 5, 12 и 24 В. Прочность изоляции вход-выход соответствует усиленному классу по UL 60950 и составляет не менее 4000 В переменного тока. Опциональный логический сигнал наличия питания DC OK/Power Fail работает по упреждающему принципу и способен выдать предупреждение об отключении напряжения примерно за 2 мс до фактического отключения выхода. Все преобразователи серии RUW15 снабжены защитой от перегрузки, перегрева, короткого замыкания и перенапряжения на выходе. Диапазон рабочих температур от –40 до 85 °С.

Преобразователи выполнены в металлическом герметично залитом корпусе габаритными размерами 51,2×51,2×20,5 мм (формат 2"×2") (рис.1), который снабжен четырьмя специальными отштамповками, позволяющими надежно удерживать преобразователь на печатной плате даже в условиях особо сильных вибраций и ударных нагрузок.

Серию **MEV3** изолированных DC/DC-преобразователей мощностью 3 Вт компания Murata PS предлагает в качестве замены популярных серий NMV/MEV/NMK в корпусах SIP и DIP. Одноканальные DC/DC-преобразователи серии MEV3 в стандартном корпусе SIP обладают рекордной плотностью мощности – 1,9 Вт/см³, а типовое значение КПД достигает 89%. Благодаря компактному корпусу размером 19,65×7,65×10,15 мм (рис.2) серия MEV3 идеально подходит для локальных цепей питания на платах управления. Герметичный корпус пре-



Рис.1.
DC/DC-преобразователь серии RUW15



Рис.2.
DC/DC-преобразователь серии MEV3

образователей соответствует требованиям стандарта UL 94V-0.

В схеме преобразователей данной серии используется тороидальный трансформатор. Устройство не требует дополнительных компонентов, что облегчает его интеграцию в новые разработки, позволяет снизить затраты и сэкономить место на печатной плате.

Серия MEV3 выпускается в двух вариантах входного напряжения (5 и 12 В) и в четырех вариантах выходного напряжения (5, 9, 12 и 15 В). Все модели могут работать в расширенном диапазоне температур от -40 до 85 °С при полной мощности 3 Вт. Прочность изоляции для данной серии достигает 3000 В (тестирование в течение одной минуты).

Стандартный корпус и расположение выводов преобразователей серии MEV3 позволяет использовать их вместо 1-ваттных устройств серий NMV/MEV и 2-ваттных устройств серии NMK без внесения изменений в печатную плату. Соответствие требованиям стандарта UL 60950 предусмотрено для всех моделей данной серии.

Недорогие одноканальные сверхкомпактные DC/DC-преобразователи мощностью 1 Вт серии **NXE1** в корпусе для поверхностного монтажа типа iLGA (inspectable Land Grid Array), не содержащем галогенов, производятся с использованием автоматизированного процесса, что значительно повышает их надежность и гарантирует весьма незначительный разброс технических параметров. Габаритные размеры преобразователей составляют всего 12,7×10,4×4,8 мм (рис.3), то есть высота профиля более чем на 30% меньше общеприня-



Рис.3.
DC/DC-преобразователь серии NXE1

той в промышленности нормы, составляющей 7 мм. Поэтому они подходят для применения в системах с самыми жесткими пространственными ограничениями. Особенность преобразователей NXE1 – встроенный в подложку трансформатор, за счет этого достигается компактность конструкции.

В серию NXE1 включены модели с входным и выходным напряжением 3,3 и 5 В. Преобразователи NXE1 сертифицированы на соответствие требованиям по усиленной изоляции согласно признанному во всем мире стандарту UL60950. Изоляция между входом и выходом позволяет выдержать постоянное напряжение 3000 В.

Преобразователи серии NXE1 устойчивы к воздействию влаги по уровню MSL 2 (Moisture Sensitivity Level 2) и при пайке оплавлением выдерживают максимальную температуру 245 °С в соответствии со стандартами J-STD-020 и J-STD-075.

Поскольку посадочное место и цоколевка выводов преобразователей NXE1 соответствуют стандартным, они идеально подходят как для замены аналогичных изделий в существующем оборудовании, так и для использования в новых компактных устройствах. Преобразователи серии NXE1 оснащены стандартной защитой от короткого замыкания и могут использоваться в промышленном диапазоне температур: от -40 до 85 °С.

DC/DC-преобразователи серии **NXJ1** мощностью 1 Вт так же, как и устройства серии NXE1, предлагаются компанией Murata PS в низкопрофильном корпусе для поверхностного монтажа типа iLGA (inspectable Land Grid Array), не содержащем галогенов (рис.4). Серия NXJ1 предназначена для применения в медицинских приборах, в транспортном, промышленном и телекоммуникационном оборудовании. В данную серию входят шесть моделей номинальными входными напряжениями 3,3; 5 или 12 В и одним выходным напряжением 3,3; 5, 12 или 15 В. Процесс производства преобразователей серии NXJ1 автоматизирован, в подложку интегрирован трансфор-

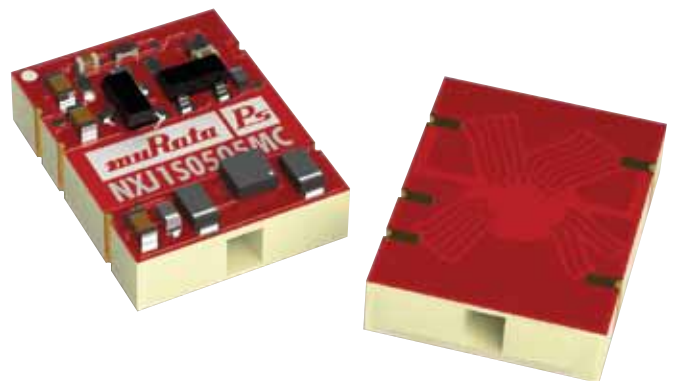


Рис.4. DC/DC-преобразователь серии NXJ1

матор. Такая технология обеспечивает повышенную надежность и повторяемость характеристик.

Габаритные размеры корпуса составляют 13,72×10,46×4,36 мм, используется стандартное посадочное место. Благодаря совместимости посадочных мест изделия серии NXJ1 идеально подходят для замены старых моделей в существующих устройствах. Преобразователи имеют защиту от короткого замыкания. Прочность изоляции соответствует требованиям стандарта UL60950 по усиленной изоляции – они выдерживают испытательное напряжение 4200 В.

Устройства серии NXJ1 сертифицированы по медицинским стандартам безопасности ANSI/AAMI ES60601-1 на соответствие классу 2 MOOP (Means Of Operator Protection) и классу 1 MOPP (Means Of Patient Protection). Они могут работать в расширенном диапазоне температур от –40 до 85 °С, устойчивы к воздействию влаги по уровню MSL 2 (Moisture Sensitivity Level 2) и при пайке оплавлением выдерживают максимальную температуру 245 °С в соответствии со стандартами J-STD-020 и J-STD-075.

DC/DC-преобразователи мощностью 15 Вт серии **BPM15** выполнены в защищенном герметичном корпусе, габариты которого 25,4×25,4×10,16 мм (1"×1"×0,40") (рис.5). Компактный металлический экранированный корпус этих преобразователей стандартных размеров позволяет снизить уровень электромагнитных помех.

Преобразователи серии BPM15 обеспечивают биполярное выходное напряжение номиналом ±5, ±12 и ±15 В при входном напряжении, изменяющемся в широких пределах: от 9 до 36 В и от 18 до 75 В. Изолирующий барьер преобразователей способен выдерживать напряжение постоянного тока 1600 В. В устройствах данной серии реализованы высокоэффективная обратноточодовая (flyback) топология, а также набор защитных функций, в том числе защита от перегрева и короткого замыкания на выходе.

В серии BPM15 представлено шесть моделей, которые рассчитаны на эксплуатацию в расширенном диапазоне температур от –40 до 85 °С и способны рабо-

тать при отсутствии охлаждения воздушным потоком. Преобразователи BPM15 сертифицированы по стандартам UL-60950-1, CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1, IEC/60950-1 и EN60950-1 (второе издание) и соответствуют требованиям RoHS.

SPM15 – это серия DC/DC-преобразователей мощностью 15 Вт с высоким выходным током (до 4,5 А) в стандартном металлическом корпусе 25,4×25,4×10,41 мм (1"×1"×0,40"), не требующая применения радиатора в большинстве приложений. Отличаясь широким диапазоном входных напряжений (от 9 до 36 В или от 18 до 75 В) и защищенным исполнением, преобразователи серии SPM15 идеально подходят для промышленных и телекоммуникационных приложений, для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды. Как и в серии BPM15, металлический экранированный корпус изделий серии SPM15 позволяет снизить уровень электромагнитных помех.

Преобразователи серии SPM15 снабжены полным комплектом защиты, в том числе от перегрузки по току, перегрева, падения напряжения, короткого замыкания на выходе. Устройства отличаются высокой эффективностью (КПД до 90%), низким уровнем пульсаций и помех на выходе. Опционально предусмотрена возможность удаленного включения / выключения устройства с помощью логических сигналов положительной и отрицательной полярности. Имеется возможность регулировки выходного напряжения в пределах ±10%.

Напряжение изоляции вход-выход этих устройств – 1600 В, а диапазон рабочих температур составляет от –40 до 85 °С. Преобразователи обеспечивают полную мощность на выходе при температурах до 70 °С без принудительного охлаждения.

В серии SPM15 представлены восемь моделей с номинальным выходным напряжением 3,3; 5, 12 и 15 В. Преобразователи отвечают требованиям безопасности стандартов UL 60950-1, CAN/CSA-C22.2 No.60950-1, IEC60950-1 и EN60950-1.

Развитием серии SPM15 является серия DC/DC-преобразователей **SPM25** с выходной мощностью 25 Вт (рис.6). Выполненные в таком же стандартном корпусе



Рис.5.
DC/DC-преобразователь серии BPM15



Рис.6.
DC/DC-преобразователь серии SPM25

1"×1"×0,41" (25,4×25,4×10,41 мм), как и устройства серии SPM15, преобразователи SPM25 обеспечивают выходной ток до 7,5 А. Металлический экранированный корпус гарантирует защиту от электромагнитных помех.

КПД преобразователей достигает 91%. Широкий диапазон входных напряжений (от 36 до 75 В) идеален для промышленных приложений. Как и устройства серии SPM15, преобразователи SPM25 не требуют для работы радиаторов.

В серии SPM25 предлагаются три модели преобразователей с выходным напряжением 3,3; 5 и 12 В. Устройства серии SPM25 сертифицированы по UL 0950-1, CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1, IEC60950-1.

Серии **NCS6** и **NCS12** одноканальных DC/DC-преобразователей с выходной мощностью, соответственно, 6 и 12 Вт и расширенным диапазоном входного напряжения выпускаются в металлическом герметизированном корпусе со стандартным расположением выводов (рис.7). Такой корпус обеспечивает высокий уровень подавления электромагнитных помех и малое тепловое сопротивление, что позволяет улучшить условия охлаждения преобразователя. Устройства этих серий предназначены для применения в различных системах, в том числе в телекоммуникационном оборудовании, системах с батарейным питанием, системах управления технологическими процессами и распределенных системах питания.

Модели серий NCS6/NCS12 доступны с двумя диапазонами входного напряжения: от 9 до 36 В (номинальное напряжение 12 В) и от 18 до 75 В (номинальное напряжение 48 В). Стандартный корпус облегчает прямую замену компонентов в существующих системах.

В серии NCS6/NCS12 входят модели с одним и двумя выходными напряжениями. Доступны следующие выходные напряжения: 3,3; 5, ±5, 12, ±12, 15 и ±15 В. Плотность мощности достигает 0,94 Вт/см³ при КПД от 73 до 87%. Преобразователи NCS6/NCS12 обеспечивают напряжение изоляции 1500 В, а минимальная точность поддержания выходного напряжения

составляет 0,05%. Низкий уровень шума (до 50 мВп-п) и отсутствие необходимости в установке дополнительных электролитических конденсаторов позволяет упростить интеграцию этих преобразователей в разрабатываемую систему. В устройствах данных серий реализована блокировка при понижении напряжения питания и термозащита.

Габаритные размеры корпуса 32×20×10 мм. Диапазон рабочих температур от -40 до 85 °С. Все источники серий NCS6/NCS12 выполнены по бессвинцовой технологии в соответствии с требованиями RoHS, с использованием материалов, одобренных стандартом UL 94V-0.

Серия **UQQ** – это DC/DC-преобразователи с одним выходом для использования в приложениях, где нужен широкий диапазон входного напряжения и улучшенные тепловые характеристики. В этих устройствах реализована топология с синхронным выпрямлением и режимом чередования фаз, которая на 100% использует рабочий цикл. В результате обеспечиваются сверхвысокая эффективность (типичное значение КПД достигает 90,5%), высокая точность стабилизации выходного напряжения (±0,05%), низкий уровень помех (максимальный уровень пульсаций 170 мВп-п) и быстрая переходная характеристика. DC/DC-преобразователи серии UQQ выпускаются в одноплатном бескорпусном низкопрофильном исполнении в формате ¼ brick и имеют стандартное посадочное место. Габаритные размеры – всего 36,8×56,4×10,92 мм (рис.8).

DC/DC-преобразователи серии UQQ предлагаются в двух вариантах диапазона входных напряжений: от 9 до 36 В и от 18 до 75 В – и в пяти вариантах выходных напряжений: 3,3; 5, 12, 15 и 24 В. В серии предлагаются восемь моделей с выходным током от 4 до 25 А и мощностью до 105 Вт. Возможна подстройка выходного напряжения в пределах 10 / -20%.



Рис.7.
DC/DC-преобразователь серии NCS6



Рис.8. DC/DC-преобразователь серии UQQ



Рис.9. DC/DC-преобразователь серии UWQ

В устройствах применены высококачественные компоненты, в том числе полевые транзисторы с низким сопротивлением в открытом состоянии и планарные электромагнитные компоненты. Все компоненты встроены в плату с массивными медными вставками для улучшения теплоотвода.

Напряжение изоляции преобразователей серии UQQ составляет 2250 В DC (при входном напряжении 48 В). Устройства оснащены всеми видами защиты: отключение при превышении напряжения на выходе и при падении напряжения на входе, защита при перегреве и при коротком замыкании на выходе. Обеспечена полная защита входов-выходов. Для удаленного управления устройствами используются сигналы положительной или отрицательной полярности. Все DC / DC-преобразователи серии UQQ сертифицированы по UL / EN / IEC60950-1, соответствуют требованиям RoHS по использованию вредных веществ.

Серия **UWQ** характеризуется высоким выходным током (до 17 А) и предлагается в одноплатном бескорпусном исполнении в формате ¼ brick, имеющем

стандартное посадочное место и цоколевку выводов (совместимую с DOSA). Габаритные размеры составляют 36,8×58,4×11,7 мм (рис.9). Эти преобразователи не требуют наличия радиаторов в большинстве приложений. Устройства серии UWQ обеспечивают фиксированное выходное напряжение 12 В, мощность на выходе достигает 204 Вт. Преобразователи предназначены для монтажа на печатную плату. Широкий диапазон входного напряжения от 18 до 75 В (номинальное значение 48 В) идеально подходит для промышленных и телекоммуникационных приложений.

Преобразователи серии UWQ обеспечивают напряжение изоляции между входом и выходом на уровне 2250 В постоянного тока. Для работы устройств не требуется предусматривать минимальную нагрузку. Преобразователи отличаются быстрым временем установления выходного напряжения после бросков тока. Кроме того, они не чувствительны к высокой емкостной нагрузке. Возможно удаленное управление включением / отключением преобразователей. Точность стабилизации на выходе не менее ±1,5%. Максимальный уровень пульсаций и помех – 120 мВп-п.

Комплект защиты включает в себя блокировку при падении напряжения на входе, отключение при перегреве с использованием встроенного датчика температуры. Кроме того, предусмотрена защита от перегрузки по току с повторным запуском.

Топология с синхронным выпрямлением обеспечивает преобразователям серии UWQ высокую эффективность (до 92%). Серия сертифицирована по UL / EN / IEC / CSA 60950-1 и отвечает требованиям по уровню электромагнитного излучения по EN55022, CISPR22 при использовании внешнего фильтра.



Рис.10. DC/DC-преобразователь серии UWE



Рис.11.
DC/DC-преобразователь серии UWS

Примером DC/DC-преобразователей в формате $\frac{1}{8}$ brick является серия **UWE**, которая обеспечивает выходной ток до 10 А и не требует применения радиаторов (рис.10). Габаритные размеры устройств составляют $22,9 \times 58,4 \times 12,7$ мм. Выходная мощность DC/DC-преобразователей серии UWE достигает 120 Вт при выходном напряжении 12 В. В серии предлагаются четыре модели с выходными напряжениями 3,3; 5 и 12 В и двумя диапазонами входного напряжения: от 9 до 36 В и от 18 до 75 В.

Широкий диапазон входных напряжений и высокий КПД (типичное значение до 91,5%) характеризуют серию UWE как идеальное решение для систем, где требуется высокая надежность, а также для систем с резервным питанием от батарей. DC/DC-преобразователи UWE сохраняют работоспособность при падении входного напряжения до 9 В, гарантируя более длительное время разряда батареи в случае отказа источника питания.

Для серии UWE опционально доступна базовая плата для охлаждения за счет теплопроводности, что позволяет использовать преобразователи в жестких условиях эксплуатации. Использование формата $\frac{1}{8}$ brick обеспечивает значительное снижение стоимости конечной системы по сравнению с системами на базе эквивалентных решений $\frac{1}{4}$ brick или $\frac{1}{2}$ brick.

DC/DC-преобразователи серии UWE обеспечивают изоляцию вход-выход на уровне 2250 В постоянного тока. В них предусмотрены защита выхода от перенапряжения, отключение при перегреве, ограничение по току, защита от короткого замыкания и регулировка выходного напряжения (в пределах $\pm 10\%$). Топология синхронного выпрямления обеспечивает высокую эффективность и низкое потребление. Модули серии UWE предназначены для эксплуатации в диапазоне температур от -40 до 85 °С.

Серия **UWS** – дальнейшее развитие линейки компактных DC/DC-преобразователей в DOSA-совместимом корпусе формата $\frac{1}{8}$ brick (рис.11) номинальной мощностью до 54 Вт. Доступны исполнения

с выводами для сквозного и поверхностного монтажа. Габаритные размеры DC/DC-преобразователей серии UWS составляют $33 \times 23 \times 8$ мм.

Устройства работают в широком диапазоне входных напряжений (от 18 до 75 В), номинальное значение напряжения на входе составляет 48 В. Прочность изоляции вход-выход не менее 2250 В постоянного тока, что гарантирует защиту нагрузки от бросков и пульсаций на входе.

Серия UWS представлена тремя моделями с номинальным выходным напряжением 3,3; 5 и 12 В. Хотя возможно использование преобразователей без принудительного охлаждения, тем не менее желателен минимальный поток воздуха внутри оборудования для достижения максимальной мощности. Версия с напряжением 12 В также подходит в качестве источника для построения топологии с промежуточной шиной. Точность поддержания выходного напряжения при изменении нагрузки не хуже $\pm 0,125\%$. Выходное напряжение может быть отрегулировано в пределах $\pm 10\%$ для модели на 3,3 В и в пределах 10/–20% для моделей на 5 и 12 В.

Серия UWS оснащена набором защит, в том числе от перегрузки, перенапряжения, снижения питающего напряжения и перегрева. Для работы в составе систем, требующих удаленного включения и отключения, преобразователи UWS оснащены универсальным входом, управляемым посредством ключа, транзистора или логического сигнала. Сигналы управления могут иметь как положительную, так и отрицательную полярность. Преобразователи работают в промышленном диапазоне температур от -40 до 85 °С.

Серия UWS соответствует требованиям стандартов UL/EN 60950-1 и CSA-C22.2 No. 60950-1 (второе издание) для коммерческого оборудования и ИТ.

* * *

В кратком обзоре невозможно рассказать обо всей номенклатуре изолированных DC/DC-преобразователей для промышленных приложений, выпускаемых компанией Murata PS. Приведенные данные о наиболее популярных сериях показывают, что эти устройства – оптимальное решение для широкого круга задач. Они обладают компактными размерами и высоким КПД, способны работать в расширенном диапазоне температур и обеспечивают низкий уровень электромагнитных помех. Не менее важно, что преобразователи предлагаются по доступным ценам. Все это позволяет создавать высококачественные и эффективные системы питания для промышленных применений. ●