

# Обеспечение электропитанием узлов радиоаппаратуры средней мощности.

## Рекомендованное меню

**В статье рассматриваются основные линейки устанавливаемых на печатную плату новых DC/DC-преобразователей мощностью 20–60 Вт производства Mean Well, PEAK Electronics, RECOM, TDK-Lambda, Chinfa, поставляемых компанией КОМПЭЛ.**

**Владимир Рентюк**

Радиотехнические или электронные устройства могут не иметь в своей конструкции, например, микроконтроллеров или транзисторов, но в любом случае они будут содержать источник питания (ИП). Несмотря на очевидность сказанного, подход к выбору ИП должен быть ответственным и осознанным. Золотое правило опытного разработчика радиоэлектронной аппаратуры гласит, что для успешного завершения опытно-конструкторских работ (ОКР) все, что может быть куплено на рынке, если оно соответствует требованиям технического задания (ТЗ), должно быть куплено. Разрабатываться должно только то, что на рынке отсутствует или не соответствует требованиям ТЗ. Это не только существенно сокращает сроки выполнения работ и внедрения нового изделия в производство, но и снижает затраты на ОКР и повышает качество изделия в целом. Особенно это касается ИП.

Действительно, на современной элементной базе можно самостоятельно разработать практически любой блок питания, но не лучше ли отдать это в руки профессионалов — компаний, долгое время специализирующихся на их выпуске, таких как Mean Well, PEAK Electronics, RECOM, TDK-Lambda, Chinfa. Такой подход сразу будет оправдан, как только перед разработчиком встанет вопрос не только о сроках ОКР, но и об обеспечении гарантированной надежности, электромагнитной совместимости, работы конечного устройства в широком диапазоне температур или нагрузок, с максимальным коэффициентом полезного действия (КПД), в условиях ограниченного пространства на печатной плате и т. п.

Наиболее часто применяются DC/DC-преобразователи. Их задача — преобразовать напряжение аккумуляторной батареи или общей шины постоянного тока в необходимое или необходимые напряжения для питания конкретного узла или изделия в целом. На первом месте стоит выбор преоб-

разователя по мощности. Если требуемая мощность не превышает 20–30 Вт, то для этой цели могут использоваться более дешевые неизолированные (если требование по гальванической развязке в ТЗ отсутствует) повышающие (Step-Up или Boost Converter) или понижающие преобразователи (Step-Down или Buck Converter). Такие преобразователи построены на ШИМ-контроллерах с мощными выходными ключами (или для более мощных преобразователей до 60 Вт часто лишь со встроенными драйверами внешних ключей) и катушках индуктивности (дросселях). Для повышающего преобразователя обязательное условие, чтобы входное напряжение было всегда меньше выходного, а для понижающего — всегда больше выходного. В обоих случаях минимальная величина разницы напряжений приводится в спецификации на преобразователь или определяется в ходе их расчета. Имеются варианты исполнения таких преобразователей с инвертированием полярности напряжения. При широком диапазоне входных напряжений, а это характерно для устройств с батарейным питанием, используются комбинированные двухключевые преобразователи или SEPIC-преобразователи (Single-ended Primary Inductor Converter — преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью) с одним ключом и двумя дросселями. Эти преобразователи могут как понижать, так и повышать напряжение по отношению к входному. Это, например, увеличивает время работы изделия от химических источников постоянного тока и полезно в ряде иных приложений с негарантированным диапазоном входных питающих напряжений. Недостатком DC/DC-преобразователей, выполненных на ШИМ-контроллерах с катушкой индуктивности, кроме указанного выше, являются: относительно большие габариты (особенно при низкой частоте коммутации, а это бывает необходимо для обеспечения тре-

бований по радиопомехам); невозможность формирования нескольких напряжений; невозможность расщепления напряжения на два и более; невозможность одновременного формирования двух напряжений с разной полярностью; ограничение по минимальному току нагрузки. При достижении некоторого минимально тока такой преобразователь выходит из режима стабилизации, так как ШИМ-контроллер уже не в состоянии уменьшить длительность импульса управления ключом. При превышении тока нагрузки такой преобразователь переходит в режим открытого или закрытого ключа (в зависимости от типа преобразователя), и все входное напряжение поступает в нагрузку. Как правило, такой режим блокируется схемой защиты по току. Принцип работы таких преобразователей, методики расчета и примеры схемных решений приведены в [1]. Можно также воспользоваться и on-line калькулятором, описанным в [2]. Пример исполнения такого преобразователя, поставляемого компанией Mean Well, приведен на рис. 1. Если описанные выше разновидности преобразователей еще имеют относительную целесообразность их собственной разработки, то описанные ниже — однозначно нет.



**Рис. 1.** Неизолированный преобразователь с установкой на плату серии NID30 компании Mean Well

Если требуемая мощность от DC/DC-преобразователя превышает 20 Вт или требуется обеспечить гальваническую развязку от первичного источника или шины питания, или необходимо «расщепить» ИП на два и более питающих напряжений, то в этом случае используются обратноходовые (Flyback Converter) или прямоходовые преобразователи. Оба типа преобразователей содержат импульсные высокочастотные трансформаторы. В обратноходовых преобразователях происходит накачка магнитопровода энергией от первичного ИП, а во втором цикле — передача этой запасенной в магнитопроводе энергии во вторичную цепь. В прямоходовых преобразователях входное напряжение преобразуется в высокочастотное переменное напряжение и через трансформатор передается во вторичную цепь непосредственно. Прямоходовые преобразователи дешевле и проще. Как правило, сейчас используются в основном двухтактные схемы, имеющие более простое схемное решение, но более сложный трансформатор. Если не предусмотрена обратная связь по напряжению, то такие преобразователи имеют узкий диапазон входных напряжений, но не очень

чувствительны к изменению тока нагрузки. Обратногоходовые преобразователи, кроме гальванической развязки, имеют, в отличие от прямоходовых, более широкий диапазон входного напряжения, но требуют для должной работы гальванически развязанной цепи обратной связи по напряжению. Обычно она выполняется на основе оптрона. Если гальваническая развязка не требуется, то схемное решение цепи обратной связи существенно упрощается. Обратногоходовые преобразователи также менее чувствительны к изменению тока нагрузки по отношению к преобразователям на основе ШИМ-контроллеров и катушек индуктивности и не боятся коротких замыканий. Принцип работы таких преобразователей, методики расчета и примеры схемных решений также можно найти в [1]. Недостатком обратноходовых преобразователей является повышенный уровень электромагнитных и радиопомех. Их уменьшение требует специальных подходов при проектировании и изготовлении.

Одно из неоспоримых достоинств вышеупомянутых преобразователей — то, что такие устройства при подаче, например, на их вход напряжения 12 В могут обеспечить на выходе два стабильных по величине разнополярных напряжения  $\pm 12$  В, что не под силу преобразователям на катушках индуктивности без дополнительных обмоток. Именно эти два типа DC/DC-преобразователей заняли диапазон мощностей 20–60 Вт и выше. Хотя они успешно используются и на малых мощностях, особенно в приложениях, требующих гальванической развязки, расщепления напряжений или высокого КПД в широком диапазоне токов нагрузки.

При выборе DC/DC-преобразователя разработчику необходимо учитывать:

- требование по гальванической развязке, если оно выдвигается;
- область предпочтительного применения преобразователя (аппаратура широкого применения, телекоммуникационная аппаратура, автомобилестроение, военная техника, железнодорожная техника, медицинская техника общего применения или устройства поддержания жизни);
- номинальную выходную мощность (учитывается ток в нагрузке или сумма токов в нагрузках), обязательно с учетом заданного диапазона рабочих температур;
- диапазон входного напряжения;
- выходное (выходные) напряжение (напряжения) при заданном токе в нагрузке (нагрузках);
- возможность подстройки выходного напряжения (напряжений);
- максимально допустимые отклонения выходного напряжения (напряжений);
- пульсации выходного напряжения с учетом их частоты;
- напряжение шумов выходного напряжения и их спектр;
- максимальную емкость нагрузки;
- КПД;
- возможность дистанционного управления (как минимум включения/выключения);

- конструктивное исполнение преобразователя (способ монтажа, наличие экранирования);
- требования ко внешним дополнительным элементам (фильтры, конденсаторы, предохранители, ограничители пускового тока, защитные диоды);
- соответствие преобразователя диапазону рабочих температур и температур хранения конечного изделия;
- соответствие требованиям:
  - по пожаробезопасности (предпочтение нужно отдавать сертификату соответствия UL94V-0);
  - по электробезопасности (напряжение пробоя для изолированных преобразователей, токи утечки, сопротивление изоляции), необходимо обращать внимание на напряжение пробоя изоляции преобразователя как между входом и выходом, так и между входом и корпусом (если он металлический);
  - по излучаемым радиопомехам (EN55022 класс А или В, в зависимости от требований к конечному оборудованию);
  - директивы RoHS (для использования в поставляемых на экспорт изделиях);
  - по механическим воздействиям (вибрация, удары) которые будут предъявляться для конечного изделия.

Наиболее «неудобными» для проектирования, особенно при мелкосерийном изготовлении, являются DC/DC-преобразователи мощностью 20–60 Вт. При попытке их самостоятельного изготовления основным камнем преткновения становится трансформатор. Это и намотка его обмоток тончайшим проводом (как правило, сечением менее 0,06 мм), и обеспечение электрической прочности изоляции (не забываем про обязательные в этом случае испытания и сертификацию), склейка сердечника, а для обратноходового преобразователя необходимо с точностью до нескольких сотых миллиметра обеспечить зазор в его магнитопроводе. Все это невозможно качественно выполнить без соответствующего опыта и специального дорогостоящего технологического оборудования. Тем более если речь не идет о выпуске изделий партиями в десятки тысяч штук в год. Поэтому лучше не пытаться экономить на этом копейки и потерять потом рубли, а отдать это все в руки профессионалов — компаний, которые долгое время специализируются на выпуске DC/DC-преобразователей, и надежных поставщиков таких изделий, хорошо зарекомендовавших себя на рынке. Эта гарантия того, что вы получите именно то, что вам нужно, а именно сертифицированное и надежное изделие, соответствующее заявленной спецификации.

Компания КОМПЭЛ, являясь авторизованным дистрибьютором многих ведущих мировых брендов, предлагает разработчикам радиоэлектронной аппаратуры разных направлений большой ряд решений в области самых популярных изолированных (гальванически развязанных по входу и выходу) DC/DC-преобразователей мощностью 20–60 Вт с установкой на печатную плату. В этом сегменте рынка ведущие мировые

производители предлагают новые серии высокоэффективных DC/DC-преобразователей, отличающихся высокой надежностью, стойкостью к механическим воздействиям и, как минимум, отвечающих требованиям стандарта EN55022 и FCC ч. 15 по классу А без использования внешних помехоподавляющих элементов. Это обеспечивается встроенными помехоподавляющими фильтрами различной конфигурации, как правило, П-образными. Из внешних элементов для рассматриваемых серий преобразователей, кроме входных и выходных конденсаторов, рекомендован предохранитель по входу и диод, если имеется опасность реверсной подачи входного напряжения.

### Преобразователи SKM50 от Mean Well

Один из ведущих мировых брендов Mean Well в указанном сегменте анонсирует новую серию изолированных преобразователей SKM50 (рис. 2).



Рис. 2. Преобразователь серии SKM50 Mean Well

Серия SKM50 изготавливается в стандартном полностью закрытом экранированном металлическом корпусе размером 2×1". Преобразователи этой серии работоспособны в диапазоне температур -40...+55 °С при полной выходной мощности без дополнительного охлаждения и до +75 °С с уменьшением выходной мощности на 50%. Зависимость выходной мощности преобразователя SKM50 от температуры представлена на рис. 3.

Преобразователи серии SKM50 имеют следующие особенности:

- диапазон входного напряжения 2:1;

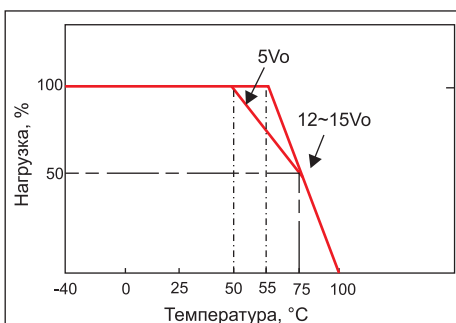


Рис. 3. Зависимость выходной мощности преобразователя SKM50 от температуры окружающей среды

- ограничение по минимальному току нагрузки в 10% от максимального;
- отклонение выходного напряжения от номинального значения не превышает  $\pm 2\%$ ;
- отклонение выходного напряжения от номинального во всем диапазоне изменения входных напряжений не превышает  $\pm 0,2\%$ ;
- отклонение выходного напряжения при изменении тока от минимального до максимального не превышает  $\pm 0,5\%$ ;
- возможность подстройки уровня выходного напряжения;
- устойчивость к емкостной нагрузке до 1000 мкФ;
- защита от короткого замыкания (с автоматическим восстановлением), от повышенного входного и выходного напряжений;
- максимально допустимая температура корпуса +115 °С;
- встроенная опция дистанционного включения/выключения;
- встроенный фильтр подавления помех;
- не требуют принудительного охлаждения и радиатора;
- гарантия изготовителя — 2 г.

Преобразователи этой серии предназначены для телекоммуникационного оборудования, промышленной автоматики, транспорта, а также для различных приложений с использованием аккумуляторных батарей. Основные технические характеристики серии SKM50 приведены в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте [www.compel.ru](http://www.compel.ru).

### Преобразователи PMO 01 от PEAK Electronics

Известный производитель ИП для монтажа на печатную плату — PEAK Electronics — предлагает более широкую серию PMO 01 (PO/HS) новых DC/DC-преобразователей средней мощности (рис. 4).



Рис. 4. Преобразователи PMO 01 производства PEAK Electronics

Компания КОМПЭЛ поставляет преобразователи этой серии с выходной мощностью 20, 30, 40 и 60 Вт на весь ряд выходных напряжений, который намного превышает ряд напряжений преобразователей SKM50 от Mean Well. Серия PMO 01 также изготавливается в стандартных корпусах, но с установленными высокоэффективными радиаторами. От серии SKM50 Mean Well преобразователи серии

PMO 01 отличаются более широким диапазоном рабочих температур. Так, например, преобразователь PO20WG-xxxxE/Z4:1HS может использоваться при температуре до +70 °С без снижения выходной мощности и до +80 °С со снижением мощности на 50%. Для более мощных преобразователей этой серии диапазон рабочих температур несколько уже. Предельно допустимая температура окружающей среды для такого преобразователя — +85 °С. Зависимость выходной мощности преобразователя PO20WG-xxxxE/Z4:1HS и PO40XG-xxxxE/Z4:1HS от температуры представлена на рис. 5.

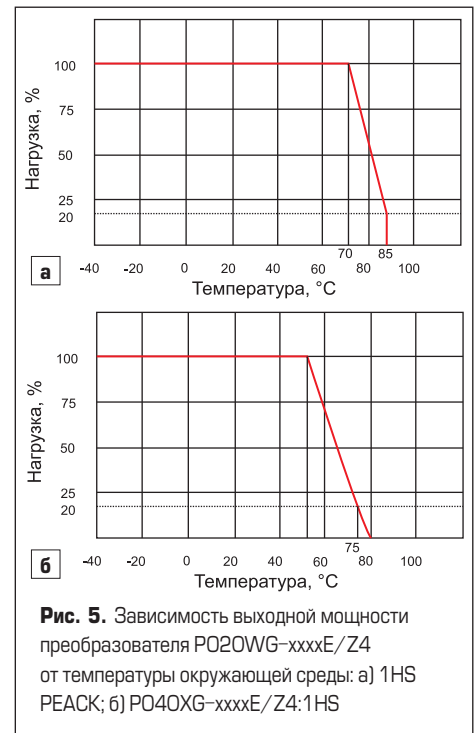


Рис. 5. Зависимость выходной мощности преобразователя PO20WG-xxxxE/Z4 от температуры окружающей среды: а) 1HS PEACK; б) PO40XG-xxxxE/Z4:1HS

Преобразователи серии PMO 01 имеют следующие особенности:

- диапазон входного напряжения 4:1;
- в ряде позиций нет ограничения по минимальному току нагрузки;
- отклонение выходного напряжения от номинального значения не превышает  $\pm 1\%$ ;
- отклонение выходного напряжения от номинального во всем диапазоне изменения входных напряжений не превышает  $\pm 0,5\%$ ;
- отклонение выходного напряжения для преобразователей с одним выходом при изменении тока нагрузки от 25 до 100% не превышает  $\pm 0,5\%$ ;
- для преобразователей с двумя выходными напряжениями при изменении тока нагрузки от 25% до 100% не превышает  $\pm 0,5\%$  для сбалансированной нагрузки и не более  $\pm 5\%$  при несбалансированной нагрузке;
- возможность подключения удаленной нагрузки (в ряде моделей этой серии предусмотрено раздельное подключение цепей обратной связи от основного выхода);
- в ряде моделей этой серии имеется возможность подстройки уровня выходного напряжения;
- устойчивость к емкостной нагрузке;



- защита от длительного короткого замыкания (с автоматическим восстановлением), от повышенного входного напряжения и перегрева (+110 °C);
- максимально допустимая температура корпуса +105 °C;
- встроенная опция дистанционного включения/выключения;
- встроенный фильтр подавления помех;
- не требуют принудительного охлаждения.

Как можно увидеть, новая серия преобразователей практически универсальна и закрывает собой большую область применений. Достоинством рассматриваемой серии является высокая надежность и пожаростойкость (UL94V-0). В первую очередь преобразователи серии PMO 01 предназначены для оборудования с автономным питанием, телекоммуникационного оборудования, транспортных и промышленных систем. Основные технические характеристики серии PMO 01 приведены в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте [www.compel.ru](http://www.compel.ru).

### Преобразователи TDD40 от Chinfa Electronics

Преобразователи серии TDD40 компании Chinfa Electronics изготавливаются в металлическом корпусе с высокоэффективным радиатором и герметизацией эпоксидным компаундом (рис. 6).



Рис. 6. Преобразователи TDD40 производства компании Chinfa Electronics

Зависимость выходной мощности преобразователя TDD40 от температуры представлена на рис. 7.

Преобразователи серии TDD40 имеют следующие особенности:

- диапазон входного напряжения 2:1 и 3:1;

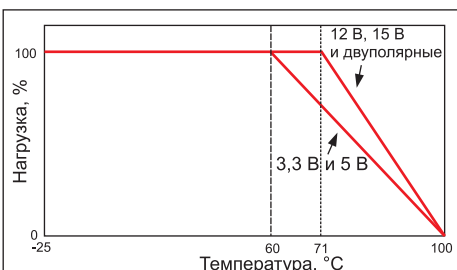


Рис. 7. Зависимость выходной мощности преобразователя TDD40 от температуры окружающей среды

- ограничения по минимальному току нагрузки для преобразователей с однополярным выходом нет, для преобразователей с двухполярным выходом — 6% от максимального;
- отклонение выходного напряжения от номинального значения не превышает ±1%;
- отклонение выходного напряжения от номинального во всем диапазоне изменения входных напряжений не превышает ±2%;
- отклонение выходного напряжения при изменении тока от минимального до максимального превышает ±5%;
- возможность подстройки уровня выходного напряжения;
- защита от короткого замыкания (с автоматическим восстановлением) и перегрузки;
- максимально допустимая температура корпуса +100 °C;
- встроенная опция дистанционного включения/выключения;
- встроенный фильтр подавления помех;
- не требуют принудительного охлаждения;
- гарантия изготовителя 3 года.

Одно из основных достоинств преобразователей этой серии — возможность их конфигурирования с использованием внешних элементов до соответствия требованиям FCC/EC по классу В. Необходимые данные по элементам приведены в спецификации. Основные технические характеристики серии TDD40 указаны в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте изготовителя [www.chinfa.com](http://www.chinfa.com).

### Преобразователи CN-A от TDK-Lambda

В рассматриваемом диапазоне мощностей компания TDK-Lambda предлагает высоконадежную серию преобразователей CN-A (рис. 8). Серия состоит из двух линеек, собственно CN-A с входным напряжением 60–160 В и CN-A 24 DC с входным напряжением 24 В. Преобразователи этой серии разработаны специально для применения в промышленном и энергетическом оборудовании, а также для подвижного железнодорожного состава (подходят для ж/д оборудования с аккумуляторным питанием). Последнее накладывает особые требования



Рис. 8. Преобразователь серии CN-A TDK-Lambda

по надежности, безопасности и стойкости к механическим воздействиям. Имеется исполнение преобразователей и со специальным покрытием, стойким к внешним воздействиям (суффикс CO).

Серия CN-A изготавливается в герметичном металлическом корпусе стандартного для промышленных применений размера типа Quarter Brick (подробнее см. таблицу). Использование преобразователей этой серии требует внешнего радиатора. Особенности подключения преобразователя и его сборки приведены не в спецификациях, а в отдельном руководстве [3]. Диапазон рабочих температур –40...+100 °C при полной выходной мощности без дополнительного принудительного охлаждения.

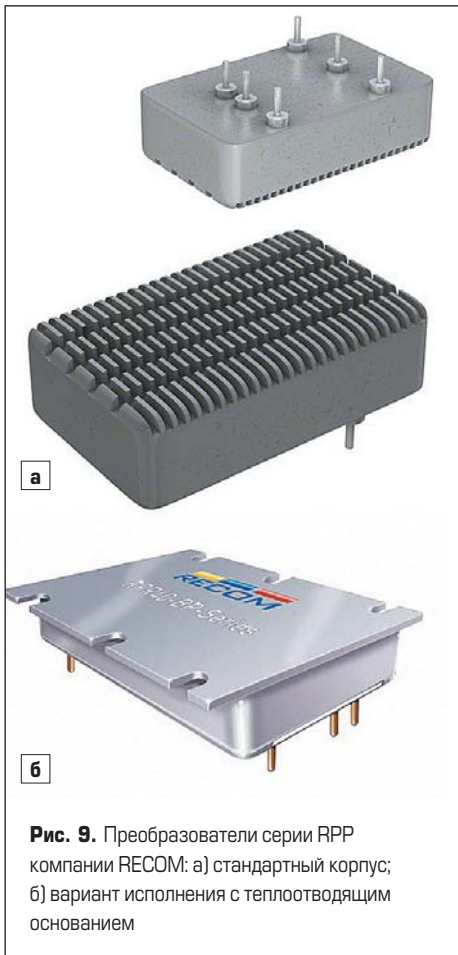
Преобразователи серии CN-A имеют следующие особенности:

- ограничение по минимальному току нагрузки 0,34 А;
- возможность подстройки уровня выходного напряжения;
- высокая стабильность выходного напряжения при изменении входного напряжения (20–96 мВ) и тока нагрузки (40–192 мВ);
- допускается удаленное подключение нагрузки (предусмотрено отдельное подключение цепей обратной связи);
- защита от короткого замыкания, повышенного входного и выходного напряжений;
- защита от пониженного входного напряжения, предотвращающая глубокий разряд батарей;
- электрическая прочность изоляции между входом и выходом не менее 3000 В (переменного тока), между входом и основанием — 1500 В (постоянного тока), между основанием и выходом 500 В (переменного тока);
- устойчивость к вибрации и ударам до 196,1 м/с<sup>2</sup> (20 g);
- встроенная опция дистанционного включения/выключения;
- встроенный фильтр подавления помех;
- гарантия изготовителя 5 лет.

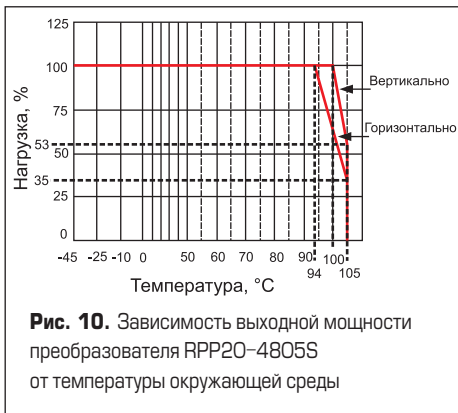
Требования по дополнительным входным и выходным конденсаторам приведены в [3]. Основные технические характеристики серии CN-A указаны в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте [www.compel.ru](http://www.compel.ru).

### Преобразователи RPP от RECOM

Компания RECOM предлагает в этом сегменте широчайший выбор высокоэффективных DC/DC-преобразователей серий RPP на 20, 30, 40 и 50 Вт (рис. 9). Преобразователи выполнены по инновационной технологии ICE (Innovation in Converter Excellence), которая использует современные методы минимизации внутренних потерь преобразователя и, как следствие, дает увеличение его максимальной рабочей температуры (подробнее в [4]). Преобразователи поставляются либо в стандартных ребристых алюминиевых корпусах, либо в корпусах с основанием для установки на шасси или внешний теплоотвод (суффикс B).



**Рис. 9.** Преобразователи серии RPP компании RECOM: а) стандартный корпус; б) вариант исполнения с теплоотводящим основанием



**Рис. 10.** Зависимость выходной мощности преобразователя RPP20-4805S от температуры окружающей среды

На рис. 10 приведена зависимость выходной мощности преобразователя RPP20-4805S от температуры. Для остальных преобразователей этой серии необходимо обратиться к их спецификациям. Обратите внимание, что максимальная выходная мощность преобразователей этой серии зависит от их ориентации в пространстве.

Преобразователи серии RPP имеют следующие особенности:

- диапазон входного напряжения 2:1 (суффикс S) и 4:1 (суффикс SW);
- нет ограничения по минимальному току нагрузки;
- отклонение выходного напряжения от номинального значения не превышает  $\pm 1,5\%$  при номинальном входном напряжении и нагрузке в 50%;
- отклонение выходного напряжения от номинального во всем диапазоне изме-

нения входных напряжений не превышает  $\pm 0,3\%$ ;

- отклонение выходного напряжения для преобразователей с одним выходом при изменении тока нагрузки от 10 до 100% не превышает  $\pm 0,5\%$ ;
- возможность подстройки уровня выходного напряжения;
- защита от короткого замыкания (с автоматическим восстановлением) с ограничением мощности, защита от повышенного и пониженного входного напряжения, от повышенного выходного напряжения;
- максимально допустимая температура корпуса  $+120\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- электрическая изоляция между входом и выходом выдерживает напряжение в 2 кВ длительно и 3 кВ для RPP20 и 3 кВ для RPP30, RPP40 и RPP50-S;
- встроенная опция дистанционного включения/выключения;
- встроенный фильтр подавления помех, соответствует классу В по уровню электромагнитных и радиопомех;
- не требуют принудительного охлаждения;
- гарантия изготовителя — 3 года.

Как можно видеть, эта серия преобразователей практически универсальна и покрывает собой большую область применений. Достоинством рассматриваемой серии является высокая надежность и пожаростойкость (UL94V-0). В первую очередь серия преобразователей RPP предназначена для оборудования с автономным питанием, телекоммуникационного оборудования, транспортных и промышленных систем. Основные технические характеристики серии RPP приведены в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте изготовителя.

### Преобразователи WDD от Chinfа

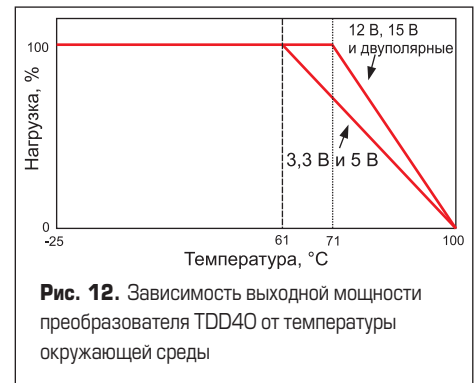
Стандартные преобразователи невысокой стоимости предлагает компания Chinfа. Здесь разработчиков в первую очередь может заинтересовать серия WDD с преобразователями на 20 и 30 Вт, а также FDD25 и TDD25 на 25 Вт. Серия WDD изготавливается в металлическом корпусе с заливкой силиконом и пластмассовым основанием (рис. 11).

Преобразователи этой серии работоспособны в диапазоне температур  $-40...+61\text{ }^\circ\text{C}$  (модели с выходным напряжением 3,3 и 5 В)



**Рис. 11.** Преобразователь серии WDD производства компании Chinfа Electronics

и  $-40...+71\text{ }^\circ\text{C}$  (модели с выходным напряжением 12 и 15 В) при полной выходной мощности. Зависимость выходной мощности преобразователя TDD40 от температуры представлена на рис. 12.



**Рис. 12.** Зависимость выходной мощности преобразователя TDD40 от температуры окружающей среды

Преобразователи серии WDD имеют следующие особенности:

- диапазон входного напряжения 2:1 (TDD30, TDD20) и 3:1 (TDD20);
- ограничения по минимальному току нагрузки для преобразователей с однополярным выходом нет, для преобразователей с двуполярным выходом — 10% от максимального;
- отклонение выходного напряжения от номинального значения не превышает  $\pm 1\%$ ;
- отклонение выходного напряжения от номинального во всем диапазоне изменения входных напряжений не превышает  $\pm 2\%$ ;
- отклонение выходного напряжения при изменении тока от минимального до максимального для сбалансированной и несбалансированной нагрузки не превышает  $\pm 5\%$ ;
- защита от короткого замыкания (с автоматическим восстановлением) и перегрузки;
- устойчивость к емкостной нагрузке;
- максимально допустимая температура корпуса  $+100\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- встроенная опция дистанционного включения/выключения;
- встроенный фильтр подавления помех;
- не требуют принудительного охлаждения и радиатора;
- гарантия изготовителя — 3 года.

Одно из основных достоинств этих преобразователей — возможность конфигурирования с использованием внешних элементов до соответствия требованиям FCC/ЕС по классу В. Необходимые данные по элементам приведены в спецификации. В качестве дополнительного элемента рекомендуется только установка предохранителя по входу, диод защиты от ошибки в полярности входного напряжения уже встроен в схему преобразователя. Основные технические характеристики серии WDD приведены в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте изготовителя [www.chinfа.com](http://www.chinfа.com).

Преобразователи серии WDD и FDD25, TDD25 во многом схожи между собой (рис. 13).

Зависимость выходной мощности преобразователей FDD25 и TDD25 от температуры окружающей среды аналогична



В качестве дополнительного элемента рекомендуется только установка предохранителя по входу, защитный диод, предохраняющий от ошибки в полярности входного напряжения, уже встроен в схему преобразователя. Основные технические характеристики преобразователей серии WDD и FDD25, TDD25 приведены в сравнительной таблице. Полные спецификации доступны на сайте изготовителя [www.chinfa.com](http://www.chinfa.com).

**Литература**

- <http://issh.ru>
- Рентюк В. Проектирование импульсных DC/DC-преобразователей в системе WEBENCH Design Center// Компоненты и технологии. 2013. № 6.
- CN100A110 SERIES. Instruction Manual. [http://se.tdk-lambda.com/KB/129053546554047500\\_C2560411-English.pdf](http://se.tdk-lambda.com/KB/129053546554047500_C2560411-English.pdf)
- POWERLINE+ DC/DC-Converter 50 W 2:1 Single Output. [www.recom-international.com/pdf/Powerline-Plus-DC-DC/RPP50-S.pdf](http://www.recom-international.com/pdf/Powerline-Plus-DC-DC/RPP50-S.pdf)

представленной для серии WDD на рис. 12. Основное отличие в том, что последние имеют возможность подстройки выходного напряжения, а преобразователь серии TDD25 имеет более высокий уровень входного напряжения.

Одно из основных достоинств упомянутых выше преобразователей — возможность конфигурирования с использованием внешних элементов до соответствия требованиям FCC/EC по классу В. Необходимые данные по элементам приведены в спецификации.

**Таблица.** Сравнительная таблица DC/DC-преобразователей средней мощности

Изготовитель	Наименование	Мощность, Вт	Габаритные размеры, мм	Масса, г	КПД, %	Входное напряжение, В	Выходные напряжения, В	Уровень шумов и пульсаций, мВ	Прочность изоляции, кВ	Наработка на отказ, тыс. ч
Mean Well	SKM50	50	50,8×25,4×13,7	43	90-92	В: 18-36; С: 36-75	5; 12; 15	60-100	1,5	>0,7*
PEAK	PO20WG-xxxxE/Z4:1HS	20	50,8×25,4×16,8	42	85-90	9-36; 18-72	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15	80	1,5	>1350*
	PO30YG-xxxxE/Z4:1HS	30	50,8×40,6×16,9	64	79-89	9-36; 18-73	1,8; 2,5; 3,3; 5; 12; 15; ±12; ±15	85	1,5	>1190*
	PO40XG-xxxxE/Z4:1HS	40	50,8×50,8×16,10	79	86-89	9-36; 18-74	3,3; 5; 12; 15; ±12; ±15	85	1,5	>968*
Chinfa	TDD40	33-40	76,2×50,8×24,4	175	78-87	18-60; 35-75	3,3; 5; 12; 15; ±12; ±15	150	1,5	681
TDK-Lambda	CN30A110	30	57,9×36,8×12,7	70	83	60-160	5; 12; 15; 24	100-240	см. текст	н. д.
	CN50A110	50	57,9×36,8×12,8	70	85	60-160	5; 12; 15; 25	100-240	см. текст	н. д.
	CN50A24	50	57,9×36,8×12,7	70	85-86	14,4-36	5; 12; 24	100-240	см. текст	н. д.
RECOM	RPP20	20	стандартный: 41×26×11,7	26	87,5-90,4	9-18; 18-36; 36-75	3,3; 5; 12; 15; 24; ±12; ±15; ±24	40-100	1,6	2195
			с основанием (-B): 45,7×40,6×11,4	43						
	RPP20-W	20	стандартный: 41×26×11,7	26	87,2-89,6	9-36; 18-75	3,3; 5; 12; 15; 24; ±12; ±15; ±24	40-100	1,6	2195
			с основанием (-B): 45,7×40,6×11,4	43						
	RPP30	30	стандартный: 50,8×30,5×11,7	39	87,5-91,6	9-18; 18-36; 36-75	3,3; 5; 12; 15; 24; ±12; ±15; ±24	25-60	2,25	2195
			с основанием (-B): 50,8×40,6×11,4	43						
	RPP30-W	30	стандартный: 50×30,5×11,7	39	87,1-89,7	9-36; 18-75	3,3; 5; 12; 15; 24; ±12; ±15; ±24	27-80	2,25	2195
			с основанием (-B): 50,8×40,6×11,4	43						
RPP40	40	стандартный: 50,8×30,5×11,7	39	88,4-92,0	18-36; 36-75	3,3; 5; 12; 15; 24; ±12; ±15; ±24	40-60	2,25	1989	
		с основанием (-B): 50,8×40,6×11,4	43							
RPP40-W	40	стандартный: 50×30,5×11,7	39	87,0-89,2	9-36; 18-75	3,3; 5; 12; 15; 24; ±12; ±15; ±24	40-60	2,25	1989	
		с основанием (-B): 50,8×40,6×11,4	43							
RPP50-S	50	стандартный: 51,4×31,1×11,7	39	86,6-90,0	18-36; 36-75	3,3; 5; 12; 15; 24	40-60	2,25	1989	
		с основанием (-B): 50,8×40,6×11,4	43							
Chinfa	WDD20U	20	50,8×40,64×10,16	60	80,0-89,0	9-18; 18-36; 35-75; 9-36; 18-75	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15	100-150	1,5	958
	WDD30U	23-30	50,8×40,64×10,16	60	81,0-89,0	9-18; 18-36; 35-75	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15	100-150	1,5	7480
	FDD25	20-30	50,8×50,8×12,0	70	77,0-86,0	9-18; 18-36; 36-72	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15	100-150	1,5	720
	TDD25	23-25	76,2×50,8×12,0	105	78,0-84,0	18-60; 35-75	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15	150	1,5	701,8

Примечание: \* — по MIL-HDBK-217F, остальные расчетные по BELLCORE TR-NWT-000332.