Новейшие мощные индустриальные DC/DC-преобразователи компании Murata

Владимир Рентюк
E-mail: info@symmetron.ua

Какое бы радиоэлектронное оборудование вы ни проектировали — коммуникационное, медицинское, индустриальное или электротехническое, какую бы ни использовали при этом его внутреннюю структуру, самым главным узлом при этом будет блок питания. Без него, как говорится, никуда. И неудивительно, что в инженерно-технических изданиях самого разного направления источникам питания, их топологии и архитектуре уделяется большое внимание. В основном это касается импульсных преобразователей малой и средней мощности, что связано с широким распространением архитектуры распределенного питания, в которой используются или уже готовые модули, или разработанные под конкретный проект решения на базе управляющих микросхем и дискретных элементов. Вот почему источники питания малой мощности превалируют в общем объеме, а это сказывается как на степени интереса к подобным изделиям и их составляющим, так и на объемах их продаж.

Однако и архитектура распределенного питания, и архитектура питания «точка в точку» PoL (англ. PoL — Point-of-Load), при которой маломощные источники располагаются в максимальной близости к нагрузке, предполагают наличие общей шины. И здесь возникает проблема, требующая обдуманного и ответственного выбора, ведь от функционирования шины зависит работа всех остальных промежуточных или распределенных источников питания, которых могут быть сотни.

Во-первых, такой преобразователь, как правило, изолированный. Во-вторых, он должен иметь достаточную мощность, часто от 100 Вт и выше. А кроме того, высокий КПД обеспечивает надежность при сохранении работоспособности в широком диапазоне нагрузок (часто без ограничения по минимальной нагрузке) и входного напряжения. Для серий таких блоков питания необходим широкий выбор выходных напряжений (с возможностью их подстройки) с высокой стабильностью, желательно предусмотреть и ряд функциональных особенностей, облегчающих их интеграцию в конечное изделие. Данные преобразователи являются сложными изделиями с точки зрения как схемотехники, так и конструктивного исполнения. Что касается схемотехники, то на высоких мощностях, превышающих 200 Вт, преобразователи могут быть выполнены исключительно на базе прямоходовой двухтактной топологии в виде полумостовой или мостовой схемы. Кроме того, для снижения потерь в подобных блоках питания обычно вместо традиционных диодов используется синхронное выпрямление.

Проблемы конструирования — это не только габариты блока питания, кстати, для готовых модулей индустриального класса они стандартизированы. Это еще и отвод тепла, ведь даже при КПД, равном 95%, преобразователь мощностью, например, 250 Вт будет рассеивать 12 Вт, выполнение требований по изоляционному барьеру (электрическая прочность изоляции, токи утечки и сопротивление), механическая прочность, а при необходимости и заданная герметичность или степень защиты оболочки IP. тому же на стыке схемотехники и конструирования находится выполнение требований по электромагнитным помехам (ЭМП), излучаемым и кондуктивным, и электромагнитной совместимости (ЭМС).

Все изложенное выше делает самостоятельную разработку таких устройств не только не оправданной с экономической точки зрения, но и попросту бессмысленной [1]. Так что допустимым может быть лишь одно решение — приобретать. Но если приобретать, то возникает законный вопрос: что и у кого? Тем более речь идет об изделиях, от которых зависит очень многое, если не все в нашем проекте. Все мы помним еще с детства злоключения известного литературного героя, который гонялся за дешевизной, и что из этого в итоге вышло. И ответ здесь для ответственного разработчика однозначный: не гоняться за сомнительной дешевизной, а покупать устройства только известных, хорошо зарекомендовавших себя брендов и только у их авторизованных дилеров. Именно тогда вы получите качественное решение, и впоследствии вам не придется краснеть ни перед самим собой, ни перед заказчиком, ни перед конечными потребителями разработанной вами продукции.

В общем и целом, выбор есть, хотя он и не богат, поскольку не так много компаний занимается выпуском столь сложной продукции, особенно в виде закрытых оболочкой модулей с широким диапазоном входных напряжений и высокими техническими характеристиками, отвечающими всем изложенным выше требованиям. А потому информация о появлении подобных новинок всегда желательна и весьма полезна для разработчиков.

Одним из таких известных на рынке DC/DC-преобразователей брендов является компания Murata. В конце 2016 года она анонсировала, а в январе 2017-го уже начала вывод на рынок

весьма интересных и перспективных для применения нескольких серий мощных DC/DC-преобразователей индустриального класса: ICQ мощностью 250 Вт [2], ICH мощностью 360 и 500 Вт [3, 4] и ICF мощностью 1000 Вт [5] (рис. 1). Эта продукция — очередной прорыв компании Murata на рынок индустриальных блоков питания, они будут выпускаться на мощностях Murata Power Solutions.

Преобразователи предназначены для установки на плату и выполнены в герметичных пластиковых корпусах из высокотехнологичного огнестойкого материала Vectra LCP в стандартных для блоков питания индустриального применения типоразмерах корпусов: ICQ — quarter-brick, ICH — half-brick и ICF — full-brick. Благодаря широкому диапазону входных напряжений 4:1, составляющему 9–36 В, новые DC/DC-преобразователи Murata могут использоваться не только в составе индустриального оборудования, но и в решениях с питанием от шин напряжения постоянного тока транспортных средств: легковых (12 В) и грузовых автомобилей (24 В). Предлагаемые DC/DC-преобразователи работоспособны в диапазоне температур –40...+105 °C (серия ICQ — до +100 °C), с относительной влажностью до 95% (без конденсации), преобразователи специального исполнения функционируют от –55 °C (серии ICH и ICF с суффиксом T). Блоки питания характеризуются небольшим собственным тепловым сопротивлением по отношению к окружающей среде, так как отвод тепла осуществляется через алюминиевое основание, выполненное с высокой плоскостностью.

Рис. 1. DC/DC-преобразователи индустриального применения от Murata Power Solutions: ICQ (а); ICH (б); ICF (в)

Поскольку все продукты этих серий изолированы, то есть не имеют прямой гальванической связи входа и выхода, они позволяют реализовать большое число комбинаций в части включения. Например, обеспечить как положительное, так и отрицательное выходное напряжение, преобразование отрицательного напряжения в положительное, напряжение, равное сумме входного и выходного напряжений без потери мощности, и даже наоборот — с ее увеличением, и т.д. [6].

Основные электрические характеристики DC/DC-преобразователей серий ICQ, ICH и ICF в условиях температуры окружающей среды $T_A = 25$ °C, скорость воздушного потока 1.5 м/с, входное напряжение $V_{IN} = 24$ В приведены в таблице 1, а полная информация доступна в спецификациях [2–5].

DC/DC-преобразователи всех рассматриваемых серий имеют развитую систему, которая предусматривает следующие виды защиты:

- от пониженного входного напряжения;
- от повышенного выходного напряжения;
- от перегрева (по температуре основания);
- от перегрузки по току (ограничение) и короткого замыкания (с уменьшением тока).

Схема защиты организована таким образом, что ее срабатывание не вызывает блокировку преобразователя (без защелки) и после устранения аварийной ситуации работа блока питания восстанавливается с функцией плавного автоматического перезапуска.

Дополнительные функциональные особенности рассматриваемых изделий:

- подстройка выходного напряжения (серии ICH и ICF);
- вход дистанционного включения/выключения (все серии):
  - для серии ICQ — управления от положительной логики,
  - для серий ICH и ICF — управления от положительной (стандартная поставка) или отрицательной логики (указывается при заказе);
- компенсация падения напряжения на линиях подключения нагрузки для серии ICF;
- конструктивное исполнение в части механической ударной и вибростойкости соответствует требованиям стандарта MIL-STD-810G;
- в части требований по безопасности преобразователи всех серий со-

Таблица 1. Основные электрические характеристики DC/DC-преобразователей серий ICQ, ICH и ICF

Наименование параметра	ICQ-250	ICH-360	ICH-500	ICF-1000
Входное напряжение	9–36 В			
Максимальное входное напряжение	40 В (50 В/100 мс)			
Номинальное выходное напряжение под полной нагрузкой, В	12 ±3% (20.5 А)	12 ±3% (30 А) 24 ±3% (15 А) 28 ±3% (13 А)	12 ±3% (41 А) 24 ±3% (21 А) 28 ±3% (18 А)	24 ±1.5% (42 А) 28 ±1.5% (36 А)
Максимальное отклонение выходного напряжения	1% max по входному напряжению; 1% max по нагрузке	0.15% max по входному напряжению; 0.15% max по нагрузке	0.15% max по входному напряжению; 0.15% ma по нагрузке	0.1% max по входному напряжению; 0.1% max по нагрузке
ТКН, %/°C	0.03 (max)	0.03 (max)	0.03 (max)	0.015 (max)
Ток потребления в дежурном режиме, мА	20 (max)	4 (max)	4 (max)	4 (max)
Ток холостого хода, мА	234 (тип.)	280 (max)	280 (max)	600 (тип.)
Рабочая частота, кГц	275 (фикс.)	200 (фикс.)	200 (фикс.)	400 (фикс.)
КПД, %	93 (50% нагрузка)	До 95.6	До 95.7	До 96
Электрическая прочность изоляции вход/выход	2250 В			
Электрическая прочность изоляции вход/основание и выход/основание	1500 В			
Средняя наработка на отказ (MTBF)*, млн ч	8.6	5.4	5.4	5.4
Габаритные размеры, дюймы	1.54 × 2.39 × 0.5	2.4 × 2.5 × 0.52	2.4 × 2.5 × 0.52	4.7 × 2.5 × 0.52
Вес, г	68	109.2	109.2	242

Примечание. *Наработка на отказ определена по стандарту Telcordia SR-332, Method I Case 1, под нагрузкой 50% и температурой компонентов +40 °C.

ответствуют регламентам стандартов UL/cUL 60950, IEC/EN 60950-1;

- в части кондуктивных ЭМП преобразователи всех серий соответствуют требованиям стандарта MIL-STD-461F C102;
- преобразователи соответствуют требованиям Директивы RoHS, но допускают пайку как бессвинцовыми, так и свинецсодержащими припоями;
- профиль пайки указан в спецификациях, но при этом надо учитывать, что преобразовали данных серий не рекомендуются для мойки погружением. При необходимости эту процедуру необходимо согласовать с изготовителем;
- возможен индивидуальный заказ по спецификации заказчика.

В качестве иллюстрации особенностей применения рассматриваемых DC/DC-преобразователей возьмем блок питания ICH0421V1PC серии ICH с выходной мощностью 500 Вт. Сначала разберемся в тонкостях заказа на примере его маркировки.

Итак, ICH0421V1PC:

- IC — индустриальное исполнение (IC = Industrial Class);
- H — форм-фактор (в нашем случае — half-brick);
- 04 — выходное напряжение 24 В (01 = 12 В; 02 = 5 В; 03 = 3.3 В; 04 = 24 В; 05 = 28 В; варианты 02 и 03 зарезервированы на будущее или могут быть выполнены по заявке);
- 21 — максимальный номинальный ток в амперах (в нашем случае — 21 А);
- V1 — диапазон входного напряжения 9–36 В;

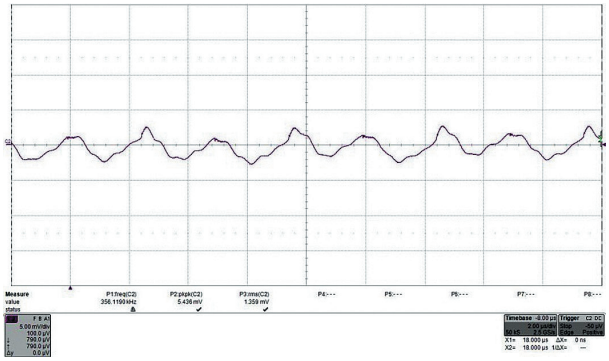

Рис. 2. Пульсаци и входного тока преобразователя ICH0421V1PC в условиях: датчик тока 500 мА/мВ, входное напряжение V_{IN} = 24 В, входная емкость 1 000 мкФ с ESR не более 0.1 Ом, полная нагрузка, время 2 мкс/дел.

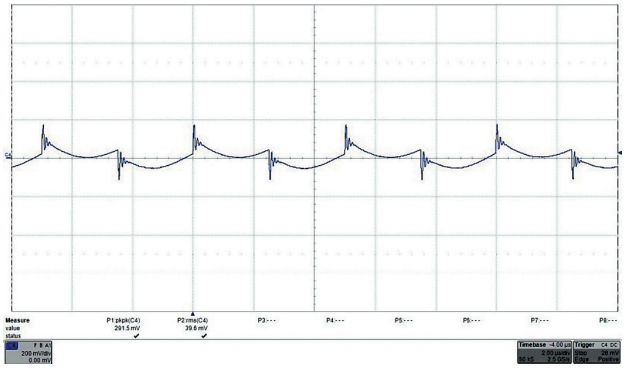

Рис. 3. Пульсации выходного напряжения преобразователя ICH0421V1PC в условиях: входное напряжение V_{IN} = 24 В, выходная емкость 470 мкФ/70 мОм + + 10 мкФ + 1 мкФ, полная нагрузка, время 2 мкс/дел.

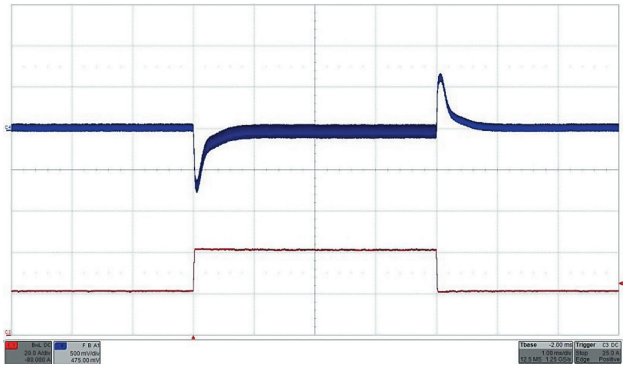

Рис. 4. Сброс/наброс нагрузки для преобразователя ICH0421V1 PC в условиях: 50–100–50% (*di/dt* = 1 А/мкс), входное напряжение V_{IN} = 24 В, выходная емкость C_o = 470 мкФ/70 мОм, ток нагрузки 10 А/дел., время 1 мс/дел.

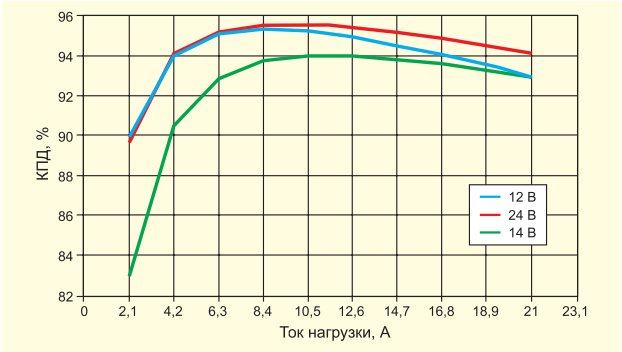

Рис. 5 . Зависимость КПД от входного напряжения и тока нагрузки для преобразователя ICH0421V1PC

- P — управление позитивной логикой (N — негативной);
- пропуск суффикса — стандартный диапазон рабочих температур –40...+105 °C (T — расширенный температурный диапазон от –55 °C);
- C — вариант, соответствующий требованиям RoHS 6/6.

Если бы мы заказали вариант исполнения согласно нашей спецификации, то перед суффиксом «C» был бы указан двузначный номер.

Для достижения заданных в специ-фикации характеристик ICH0421V1PC требует установки по входу внешнего конденсатора с минимальной емкостью 470 мкФ с ESR, не превышающим 0.1 Ом. Типовые пульсации входного тока при этом составят 680 мА (ср. кв.). Оптимальным же, согласно спецификации [3], является конденсатор емкостью 1 000 мкФ (рис. 2). Однако, как хорошо известно разработчикам радиоэлектронной аппаратуры, такой конденсатор должен быть все же дополнен как минимум одним многослойным керамическим конденсатором MLCC, например 1210 10 мкФ X7R 50 В, хотя спецификация [3] напрямую этого не требует. При выборе керамического конденсатора необходимо учитывать снижение его емкости под действием приложенного к нему постоянного напряжения.

При выборе входного конденсатора нужно принимать во внимание суммарный пусковой ток dV_{IN}/dt. Без конденсатора типовой пусковой ток рассматриваемого преобразователя равен 0.4 А²/с. Что касается выходного конденсатора, то спецификация рекомендует устанавливать электролитический конденсатор емкостью не менее 470 мкФ с ESR не хуже 70 мОм и для достижения заявленного уровня пульсаций и шумов выходного напряжения шунтировать его керамиче-

Рис. 6. **Зависимость выходной мощности преобразователя серии ICH-500 от входного напряжения**

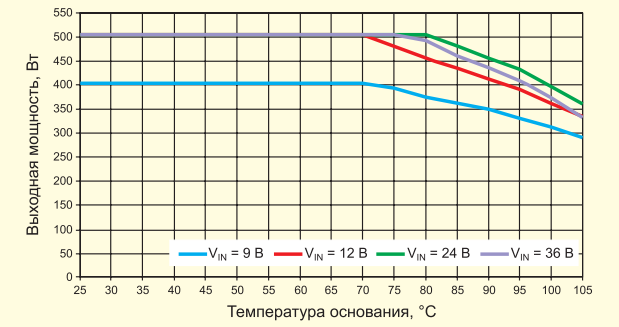

Рис. 7. **Зависимость выходной мощности преобразователя серии ICH-500 от температуры основания**

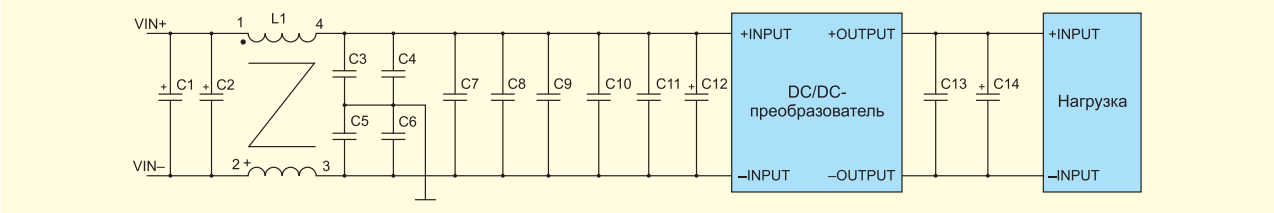

Рис. 8. **Типичный входной фильтр для выполнения требований стандарта MIL-STD 461F CE102 в части ЭМС**

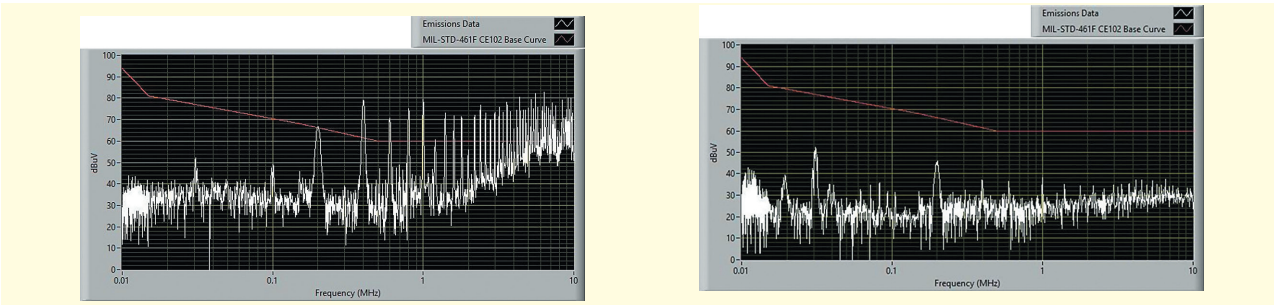

Рис. 9. **Типовые уровни кондуктивных помех, измеренные для DC/DC-преобразователя ICH0421V1PC: без входного фильтра C_{IN} = 2 × 470 мкФ/50 В/70 мОм (а); с входным фильтром (рис. 8) (б)**

ским конденсатором емкостью 1 мкФ. При этом при полной нагрузке мы будем иметь уровень пульсаций 240 мВ (п-п) и 50 мВ (ср. кв.) (рис. 3).

Что касается сброса/наброса нагрузки, то при минимальных емкостях гарантируется в условиях 50–75–50% (di/dt = 1 А/мкс) типовой переходной процесс в виде дифференциального выброса без гармонических составляющих ±280 мВ, а в условиях 50–100–50% (di/dt = 1 А/мкс) — ±500 мВ с типовым временем восстановления до 1% по выходному напряжению 600 мкс (рис. 4).

Относительно эффективности (КПД) рассматриваемого преобразователя необходимую информацию можно получить из графиков, представленных на рисунке 5. Еще один важный показатель — область работы для преобразователя ICH0421V1PC в зависимости от входного напряжения и температуры, она показана в виде графиков на рисунках 6 и 7.

И в заключение — одним из важнейших показателей любого DC/DC-преобразователя, тем более преобразователя высокой мощности, является уровень генерируемых им электромагнитных помех (ЭМП). Для выполнения требований по электромагнитной совместимости (ЭМС) на уровне регламентов стандарта MIL-STD 461F CE102 преобразователь серии ICH-500, в том числе и рассматриваемый ICH0421V1PC, требуют включения по схеме, приведенной на рисунке 8. Эффективность данного фильтра доказывает рисунке 9.

Надеюсь, приведенная информация окажется полезной для выбора подходящего решения для ваших проектов. Больше информации вы сможете найти в спецификациях [2–5], на сайте компании Murata, в том числе и в ее службе поддержки, и непосредственно у авторизованных дилеров компании.

Более детальную информацию можно получить в компании «Симметрон-Украина»:
тел.: (044) 494-25-25,
e-mail: info@symmetron.ua,
http://www.symmetron.ua

Литература:

1. Рентюк В. Изолированный DC/DC-преобразователь малой мощности: сделать или купить?//Электрик. 2012. № 12.
2. ICQ Series, Wide Input 250 Watt Isolated Quarter Brick DC-DC. Murata Power Solutions. www.murata-ps.com/datasheet?http://www.murata-ps.com/data/power/icq.pdf
3. ICH Series, Wide Input 360 Watt Isolated Half Brick DC-DC. Murata Power Solutions. www.murata-ps.com/datasheet?http://www.murata-ps.com/data/power/ich_360w.pdf
4. ICH Series, Wide Input 500 Watt Isolated Half Brick DC-DC. www.murata-ps.com/datasheet?http://www.murata-ps.com/data/power/ich_500w.pdf
5. ICQ Series, Wide Input 1000 Watt Isolated Full Brick DC-DC. Murata Power Solutions. www.murata-ps.com/datasheet?http://www.murata-ps.com/data/power/icf.pdf
6. Steve Roberts. DC/DC BOOK OF KNOWLEDGE: Practical tips for the User. Second Edition, 2015.