

ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

КРИТЕРИИ ВЫБОРА

Е.Гарцев

Предлагая вниманию читателей цикл публикаций, касающихся наиболее важных аспектов современных источников питания, начнем с того, как выбрать преобразователь напряжения для конкретного применения. Рассматриваемым в статье критериям выбора удовлетворяют новые DC/DC-конвертеры, выпускаемые под маркой “Ладомир”, мощностью от 2 до 50 Вт, в том числе серии ЛСМ (10–50 Вт).

Сегодня российский рынок источников вторичного электропитания (ИВЭП) насыщен моделями DC/DC-преобразователей как импортного, так и отечественного производства. Блоки питания различаются не только номинальными значениями мощности, входного и выходного напряжений, но и наборами сервисных функций их управления, наличием защиты от различного рода воздействий как на сам преобразователь, так и на питаемую им нагрузку и входную сеть. Для нормального функционирования нагрузки, которой может быть и электродвигатель, и процессор, и целая радиолокационная станция, ИВЭП должен соответствовать определенным требованиям.

Эти требования определяются прежде всего системой электропитания, в которой данный ИВЭП будет применен. Преобразователи напряжения DC/DC входят как составные блоки в распределенную систему электропитания (см. рисунок), причем, как правило, это понижающие преобразователи. При построении такой системы электропитания можно обойтись всего лишь одной относительно высоковольтной шиной (с номинальным напряжением, например, 12, 24, 27 или 48 В) и относительно низким, по сравнению с токами нагрузок, током потребления. Каждая же нагрузка снабжена “своим”, расположенным в непосредственной близости от нее блоком питания (конвертером DC/DC) с гальванической развязкой. Такая архитектура позволяет минимизировать потери на активном сопротивлении шин при передаче электроэнергии от источника к нагрузкам, а следовательно, предельно сократить размеры, массу и стоимость системы электропитания в целом.

ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ — ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Как известно, рыночная жизнеспособность изделия в определяющей степени зависит от его стоимости. Массовое производство сильно ее снижает, однако дальнейшее радикальное снижение стоимости возможно только путем совершенствования технологии, в том числе за счет сокращения используемых материалов. Безусловно, прямой способ снизить расходы на материалы — сокращение размеров. Но это справедливо лишь при условии развитости технологий — в противном случае создание миниатюрного варианта может оказаться многократно дороже.

Сокращение размеров ИВЭП имеет и физические ограничения, так как при заданной рассеиваемой мощности габариты не могут быть меньше определенных пределов для обеспечения необходи-

мого охлаждения компонентов, нагрузок и питающих их преобразователей напряжения. И если мощность рассеяния нагрузки придется принимать как неизбежную данность, то мощность, рассеиваемая блоком питания, определяется его *коэффициентом полезного действия*.

В ряде случаев допускается только естественное охлаждение конвекционными воздушными потоками. Когда применение принудительного охлаждения становится невозможным, слишком низкий КПД может обусловить даже более чем двукратное увеличение размеров системы питания для снижения перегрева компонентов. По этой причине импульсные источники питания, обладающие КПД, более высоким по сравнению с линейными, оказываются в большинстве случаев незаменимыми. Проблема поддержания температуры преобразователя и нагрузки ниже определенного уровня обостряется еще и тем, что DC/DC-конвертер и питаемая им нагрузка в системе распределенного электропитания должны находиться как можно ближе друг к другу. Поэтому повышение КПД преобразователя даже на несколько процентов оказывается весьма существенным, и это повышение минимизирует не только размеры системы, в которой он применяется, но и размеры самого конвертера.

Преимущества высокого КПД. При сравнении конвертеров с одинаковыми габаритами совершенно очевидно, что более экономичный преобразователь имеет более низкую рабочую температуру. А это — основа повышения надежности источника питания. Кроме того, более высокая эффективность преобразования позволяет расширить рабочий температурный диапазон в сторону высоких температур окружающей среды. Правда, более высокий КПД при сохранении размеров, как правило, означает усложнение электрической схемы конвертера, из-за чего возрастает вероятность отказа какого-либо элемента. Однако пониженная температура полупроводниковых переходов при разумном усложнении схемотехники позволяет создать более надежное устройство.

Высокий КПД преобразования энергии придает системе еще и другие преимущества. Потребляемый ток пары *вторичный источник питания–нагрузка* снижается при повышении КПД. Поэтому может быть снижена выходная мощность (и стоимость) первичного источника, уменьшены токи и размеры основной шины питания. Высокий КПД и просто позволяет экономить энергоресурсы.

В конечном итоге выбор в пользу более эффективного с энергетической точки зрения DC/DC-конвертера очевиден лишь в том случае, если его цена не превышает цены преобразователя, КПД которого ниже. В противном случае необходим более тщательный анализ. Если говорить о замене предыдущих моделей DC/DC-конвертеров более совершенными, то правильное решение может быть принято на основании анализа причин и статистики отказов блоков питания с меньшим значением КПД.

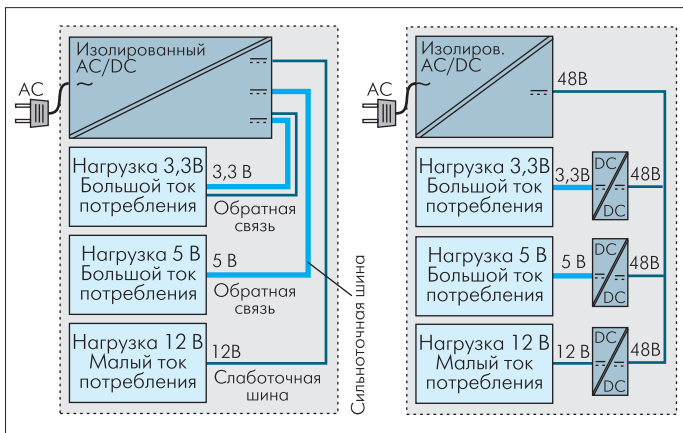


Рис. 1. Централизованная (а) и распределенная (б) системы электропитания

Наибольший же интерес представляет вопрос установки экономичного источника во вновь разрабатываемую систему. В этом случае применение даже более дорогого источника может оказаться выгодным, если при проектировании системы будут максимально использованы потенциальные преимущества конвертора с повышенным КПД. Столь пристальное внимание одному из многочисленных параметров, характеризующих DC/DC-конвертор, – КПД – уделено еще и потому, что именно его значение определяет топологию и элементную базу силовой части, от которых фактически полностью зависит стоимость блока.

Новые высокоэффективные DC/DC-конверторы “Ладомир”. Таким образом, идеальный с точки зрения потребителя конвертор должен иметь самую высокую эффективность при цене наиболее дешевого варианта. Это утверждение, впрочем, касается и всех остальных характеристик. Реальная же ситуация требует проводить оптимизацию соотношения цена–качество.

При создании блоков питания “Ладомир” была поставлена цель превзойти КПД аналогичных блоков питания наиболее известных фирм, сохранив цену на уровне нижней границы доступных источников. Преобразователи марки “Ладомир” имеют КПД на 3–5% выше, чем другие аналогичные модели. Таким образом, DC/DC-конверторы марки “Ладомир” по одной из основных характеристик рекомендуются как для замены менее совершенных преобразователей, так и для применения в новейших разработках.

ДИАПАЗОН ВХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Диапазон входного напряжения, которое преобразуется в стабилизированное выходное, может быть достаточно узким (отклонение от номинального значения ±10%) либо очень широким – с отношением максимального значения к минимальному в несколько раз. Примерами блоков питания с узким диапазоном входного напряжения могут служить конверторы мощностью 2 Вт серии TEM фирмы TRACO (Швеция) и аналогичные конверторы серии ЛМТ2 марки “Ладомир”. Относительно узкий диапазон изменения входного напряжения позволяет предельно упростить схему блока, снизить число элементов и стоимость. Как правило, в таких блоках энергия передается с входа на выход через импульсный трансформатор для обеспечения гальванической развязки. Затем напряжение стабилизируется обычной линейной схемой.

Преобразователи с большей кратностью уровней входного напряжения имеют более широкую область применения. Существуют конверторы с кратностью свыше четырех – 10-ваттные конверторы серии CXA10 фирмы Artesyn работают с напряжением на входе 18–75 В. Таким образом оказываются перекрытыми сразу два стан-

дартных диапазона входных напряжений – 18–36 В и 36–72 В. Однако чем шире диапазон рабочего входного напряжения, тем ниже КПД блока, причем как в номинальном режиме, так и при граничных напряжениях.

Опытный образец мощностью 10 Вт с выходным напряжением 5 В, созданный при разработке преобразователей “Ладомир” серии ЛСМ, имел более чем 13-кратный диапазон входного напряжения (6–80 В) и КПД 77% при входном напряжении 24 В. У конвертора Artesyn CXA10-48S05 (при четырехкратном входном диапазоне) с выходным напряжением 5 В, согласно справочным данным, типовой КПД – 81%. Типовое значение КПД конвертора “Ладомир” ЛСМ10-2405Е с двойной кратностью входного напряжения (18–36 В) – 84% при номинальном входном напряжении. Чтобы проиллюстрировать, что означает выигрыш КПД конвертора в 3% при мощности 10 Вт и габаритах 25,4x50,8x10,2 мм, достаточно вычислить рассеиваемую конвертором мощность. Возрастание КПД с 81 до 84% снижает потери мощности с 2,36 до 1,90 Вт. Верхнее значение диапазона температуры окружающей среды при этом возрастает с 72 до 80°C.

Использование как можно более широкого диапазона входного напряжения может быть вызвано необходимостью максимально долго удерживать стабильное напряжение на нагрузке при пропадании напряжения сети, когда расходуется запас энергии в конденсаторе на входе блока. Другим примером может служить питание от бортовой сети с возможностью возникновения выбросов напряжения до 80 В. Конвертор с большой кратностью входного напряжения в этом случае может обойтись без модуля ограничения этого напряжения. Но платой за его расширенный рабочий диапазон всегда будет рост рассеиваемой конвертором мощности. Поэтому применение преобразователя с широким диапазоном входного напряжения должно быть обоснованным.

ВЫХОДНОЕ НАПЯЖЕНИЕ

Возможность регулировки. Весьма универсальным был бы источник питания с возможностью регулировки выходного напряжения в диапазоне, например, от 3 до 15 В. Такой преобразователь оказался бы даже более универсальным, чем блок питания с широким диапазоном входного напряжения. Однако КПД зависит от выходного напряжения (при одной и той же мощности) в гораздо большей степени, чем от входного. Поэтому создание компактного высокоэффективного преобразователя с глубокой регулировкой выходного напряжения при нынешней элементной базе не представляется возможным. В большинстве случаев блоки питания имеют функцию подстройки выходного напряжения с помощью внешнего переменного резистора в пределах ±10% (конверторы TRACO, Power One, “Ладомир” серии ЛСМ и др.). Регулировка выходного напряжения обычно используется для более точной подстройки номинального значения (так как точность установки выходного напряжения – порядка ±2%) либо для компенсации падения напряжения на шинах, соединяющих блок питания и постоянную нагрузку. При этом большую практическую ценность имеет возможность повысить напряжение. Таким образом, конвертор с регулировкой выхода ±10% привлекательнее, чем блок даже с более широким диапазоном – от 5 до 20%.

Точность стабилизации при изменении тока нагрузки. Другой важный параметр – точность поддержания выходного напряжения при воздействии таких дестабилизирующих факторов, как изменение входного напряжения, тока нагрузки и температуры окружающей среды. Подавляющее большинство современных DC/DC-конверторов имеют стабильность не хуже ±1% при воздействии всех дестабилизирующих составляющих (имеются в виду однока-



нальные блоки). Однако следует обратить внимание на приводимую в справочных данных нижнюю границу диапазона изменения тока нагрузки. Дело в том, что некоторые модели преобразователей не способны стабилизировать номинальное выходное напряжение на холостом ходу. У одних при понижении выходного тока ниже минимально допустимого значения выходное напряжение возрастает до некоторого фиксированного значения (превышающего номинальное на 5–10%), другие при этом начинают работать в режиме перезапуска до тех пор, пока ток нагрузки не увеличится до нижней границы (как у блока питания МПВ10А отечественного производства – выходное напряжение 5 В, ток 2 А, входное напряжение 18–36 В). Преобразователи напряжения “Ладомир” работают, как и многие аналогичные блоки других производителей, на холостом ходу. Нестабильность напряжения нормируется при изменении выходного тока от нуля до номинального значения.

Стабильность выходного напряжения двухканальных преобразователей. Отдельное внимание нужно обратить на нестабильность выходных напряжений источника питания с двумя разнополярными каналами. Нестабильность выхода двухканального преобразователя обычно такая же, как и у одноканальных блоков, при симметричной нагрузке обоих каналов. Если же выходные токи каналов разные (несимметричная нагрузка), то при поддержании стабильным напряжения одного из каналов стабильность второго снижается до $\pm(5-10)\%$. Поэтому в некоторых конвертерах стабильность напряжения одного канала поддерживается обратной связью, а второй, менее стабильный канал, имеет дополнительный линейный стабилизатор. Таким образом можно стабилизировать достаточно точно оба канала и в случае несимметричной нагрузки. Но результатом этого является значительное снижение КПД. Поэтому чаще можно встретить вариант, когда при несимметричной нагрузке стабилизируется каждый из каналов, хотя и не так точно, но зато без применения линейного стабилизатора, сильно увеличивающего потери мощности. Двухканальные конвертеры “Ладомир” серии ЛСМ построены именно по такому принципу и имеют стабильность для несимметричной нагрузки не хуже $\pm 2,5\%$.

Как правило, общую точку каналов можно никуда не присоединять и использовать двухканальный источник как одноканальный с номиналом выходного напряжения, равным сумме напряжений каждого из каналов. Таким образом, 15-ваттный источник ЛСМ15-2412Д можно включить либо как двухполярный с напряжениями ± 12 В, либо как однополярный с 24 В (12 В + 12 В). Однако такой вариант по КПД заведомо проигрывает одноканальному блоку ЛСМ15-2424Е с номиналом выхода 24 В – 84% против 87%. Есть и еще один вариант. Размеры современных преобразователей таковы, что один двухканальный источник можно заменить двумя одноканальными (и высокостабильными), практически не проиграв ни по площади, ни по высоте. Так, типичные размеры двухканального блока мощностью 25 Вт (TRACO серии ТАМ, “Ладомир” серии ЛСМ25) равны 50,8x50,8x12,7 мм. Вместо него можно установить два одноканальных 15-ваттных источника (даже с большей общей мощностью) с габаритами 25,4x50,8x10,2 мм (соответственно TRACO серии ТАР и “Ладомир” серии ЛСМ15). При этом достигается еще и выигрыш в КПД. Единственный недостаток такого варианта – более высокая стоимость, которая должна быть технически оправдана.

Пульсации выходного напряжения. Следующая важнейшая характеристика выходного напряжения – его пульсации. В справочных данных обычно приводятся две величины: пульсации от пика до пика и действующее значение (U_{pk-pk} и U_{rms} соответственно). Поскольку нагрузка DC/DC- конвертера, как правило, рассчитана на потребление энергии постоянного тока, то слишком большое значение

U_{rms} может оказаться неприемлемым. Современные источники питания удовлетворяют достаточно строгим требованиям по пульсациям. Например, типичное значение U_{rms} для преобразователя с выходным напряжением 5 В не превышает 30 мВ. Но малое значение U_{rms} может сочетаться с превышающим его в несколько раз U_{pk-pk} . Большой интерес обычно вызывает именно значение U_{pk-pk} . Дело в том, что результат измерения U_{pk-pk} зависит от полосы пропускания прибора (она должна быть от 0 до 20 МГц) и от способа измерения. В справочных материалах встречаются самые разные методы измерения. Данные на 10-ваттные источники Lucent Tech. серии LC/LW010 приводятся по измерениям, выполненным с присоединенными к выходу двумя керамическими конденсаторами емкостью по 0,47 мкФ. У других производителей встречается вариант с измерением пульсаций на танталовом конденсаторе 33 мкФ, соединенным с выходом источника витой парой определенной длины, и т.д.

Много вопросов вызывает встречающаяся иногда рекомендация измерять пульсации непосредственно между выходными выводами. Но поскольку импульсный преобразователь – источник электромагнитного излучения в диапазоне частот от нескольких килогерц до десятков мегагерц, результат такого способа измерения пульсаций, в частности, будет очень сильно зависеть от того, какую площадь и ориентацию относительно источника имеет контур, образованный заземляющим проводом щупа осциллографа. При таких измерениях значения пульсаций могут быть порядка нескольких вольт, тогда как в справочных данных указаны какие-нибудь 75–100 мВ. Следует заметить, что такие “разночтения” касаются обычно именно самой высокочастотной (порядка десятка МГц) составляющей пульсации на выходе. Значение пульсации на рабочей частоте преобразователя, как правило, не вызывает вопросов и может быть измерено практически по любой из встречающихся в технической документации методик. Колебания выходного напряжения на более высоких частотах (шумов выхода) имеют другую природу. Шумы возникают из-за паразитных индуктивностей, емкостей, контуров между выходом конвертера и измерительным прибором и наводимых в них помехах.

Пульсации напряжения DC/DC-конвертеров “Ладомир” приводятся по измерениям на печатной плате со строго определенными размерами выходных шин, к которым присоединен керамический конденсатор 0,1 мкФ (для компенсации паразитных индуктивностей шин). Они не превышают 50 мВ при номинальном выходном напряжении 5 В для источника мощностью 10 Вт. При этом место конденсатора и BNC-гнезда для подключения щупа осциллографа, а также точки подключения нагрузки строго фиксированы. Такие измерения дают повторяющийся результат и наиболее точно соответствуют взаимному расположению источника и нагрузки в типовом приложении.

Таким образом, при подробном рассмотрении наиболее важных параметров, характеризующих преобразователь постоянного напряжения, определяющее значение принадлежит КПД преобразования электрической энергии. С ним в большей или меньшей степени связаны и остальные параметры. В следующей статье будут рассмотрены различные функциональные возможности ИВЭП.

По вопросам закупки и заказа на новые DC/DC-преобразователи напряжения “Ладомир” обращайтесь к эксклюзивному дистрибьютеру ЗАО “Золотой шар ТМ” тел.: 234-0110, факс: 956-3346, e-mail: sales@zolshar.ru

Дополнительная информация
www.atresyn.com
www.tracopower.com
www.astrongroup.ru
www.ladomir.ru