

Модули V-I Chip корпорации Vicor — новый взгляд на конструирование систем вторичного электропитания. Часть 1

Владимир БЕЛОТУРОВ
vib@efo.ru
Игорь КРИВЧЕНКО,
к. т. н.
ik@efo.ru

Инженеры Vicor охотно продемонстрировали работу модуля. Входное напряжение было установлено 48 В при токе нагрузки 5 А. После подачи питания на плату выходной вольтметр показал 24 В при заданном токе нагрузки. Получалось, что через такой трансформатор передавалась мощность 120 ватт! Затем мы вручную стали варьировать подаваемое на модуль напряжение в пределах от 38 до 54 В. Выходной вольтметр мгновенно реагировал, показывая от 19 до 27 В соответственно, при этом ток через нагрузку замер на значении 5 А. При уходе входного напряжения за нижнюю и верхнюю границы модуль автоматически выключался, а при возвращении — автоматически включался заново на ту же самую токовую нагрузку 5 А. Выходное напряжение устанавливалось при этом, как показывал лабораторный мультиметр,

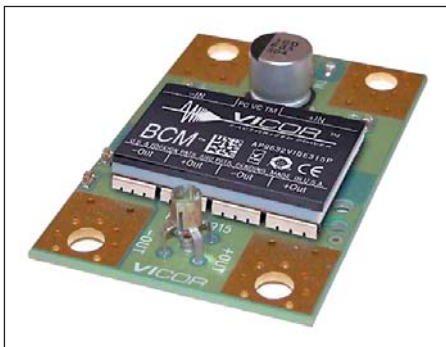


Рис. 1. Тестовая плата с модулем BCM

Не так давно авторам статьи довелось стать участниками лабораторных испытаний в техническом отделе корпорации Vicor. Тестировалась печатная плата с распаянным миниатюрным пластмассовым модулем размерами приблизительно 30×20 мм и двумя наибольшими конденсаторами (рис. 1). Плата была включена между двумя габаритными приборами: мощным лабораторным источником питания (ИП) и блоком электронной нагрузки. Оказалось, что маленький модуль с логотипом Vicor и надписью «BCM» — всего лишь «обычный» 200-ваттный (!) трансформатор постоянного напряжения с коэффициентом трансформации 1:2.

практически мгновенно. И наконец, нагрузка принудительно была выключена и вновь включена без снятия входного напряжения. Индикатор выходного напряжения мигнул лишь на втором знаке после запятой и снова замер. Мы осторожно потрогали пальцем корпус модуля: он был слегка теплый.

С целью однозначности толкования терминов и сокращений, принятых в иностранной литературе по источникам и системам вторичного электропитания, приведем их краткую расшифровку. Некоторые из этих обозначений введены относительно недавно и не имеют русскоязычных аналогов.

- DPA (Distributed Power Architecture) — архитектура питания с распределенной по нескольким компонентам мощностью, или распределенная силовая архитектура. В DPA обычно используются промежуточные шины питания.
- IBA (Intermediate Bus Architecture) — архитектура питания с промежуточной шиной.
- FPA (Factorized Power Architecture) — DPA с разложением компонентов на дополнительные составляющие: стабилизатор выходного напряжения и преобразователь уровня напряжения с гальванической развязкой. Термин введен компанией Vicor для определения новой концепции построения архитектуры питания.
- IBV (Intermediate Bus Voltage) — напряжение на промежуточной шине.
- IBC (Intermediate Bus Converter) — преобразователь промежуточной шины.

- POL (Point of Load) — законченное электронное устройство вторичного электропитания (понижающий DC/DC-преобразователь), которое обеспечивает нагрузку стабилизированным гальванически развязанным напряжением питания и должно размещаться в непосредственной близости от нее. Как правило, на POL заводится напряжение обратной связи от нагрузки для точной стабилизации напряжения или тока в процессе работы. POL могут иметь цифровые входы для программирования величины и скорости нарастания требуемого выходного напряжения.
- niPOL — это POL, который не обеспечивает гальванической развязки выходного напряжения от входного.
- BCM (Bus Converter Module) — модуль шинного преобразователя в архитектуре FPA, преобразующий напряжение питания по уровню, например 48 в 12 В.
- PRM (Pre-Regulator Module) — модуль предварительной стабилизации напряжения в архитектуре FPA.
- VTM (Voltage Transformation Module) — модуль трансформации напряжения и гальванической развязки в архитектуре FPA. Может работать в качестве POL.
- ZCS — переключение силовых ключей конвертера при нулевом токе через них.
- ZVS — переключение силовых ключей конвертера при нулевом напряжении на них. Со времени начала стандартизации подходов и решений для построения систем электропитания прошло уже более 20 лет, но вни-

мание разработчиков к этой области электроники не ослабевает. Причина достаточно проста: конечным потребителям постоянно требуются новые версии ИП, которые меньше, легче и дешевле уже существующих. Например, вошедшие в обиход разнообразные AC/DC для бытовой аппаратуры со временем избавились от силовых трансформаторов 50 Гц, заметно полегчали и уменьшились в размерах, причем дальнейшему уменьшению мешают лишь нормы электробезопасности. Поэтому поиски практических решений для современных задач электропитания не прекращаются. Разработчикам нужны более простые и понятные «кирпичики» (наподобие конструктора LEGO) для быстрого создания малогабаритных и эффективных ИП различной конфигурации. В данной статье мы хотели бы рассказать о доступном каждому разработчику новом решении компании Vicor, которое значительно приближает нас к решению этой очень непростой конечной задачи.

Именно прогресс интегральной микроэлектроники постоянно стимулирует разработчиков к созданию новых стратегий построения источников вторичного электропитания (ИВЭП). Современные СВИС обычно требуют сразу нескольких напряжений питания, причем огромную роль играет порядок подачи на микросхему этих напряжений и скорость их нарастания. Некоторые из питающих напряжений так малы, а импульсные токи нагрузки так велики, что требуется вновь и вновь снижать распределенные сопротивление, индуктивность и емкость шин питания на целевых платах. Очевидно, что разнообразие питающих напряжений, быстрое изменение тока нагрузки, необходимость управления питанием и низкие значения выходных напряжений заставляют искать новые решения, которые могут обеспечить увеличенные КПД и плотность тока нагрузки при малых габаритах и низкой стоимости всей системы питания.

Со времени стандартизации DC/DC-конвертеров широко применяются проекты систем питания с архитектурой DPA первого поколения. Архитектура DPA делит канал преобразования и передачи энергии на три составляющие: AC/DC-преобразование, гальваническая развязка и стабилизация нескольких выходных напряжений в точках нагрузки. Она стала де-факто стандартом для построения систем питания, состоящих из большого количества отдельных целевых плат, каждая из которых потребляет не более 100 Вт (в основном это телекоммуникационные и компьютерные приложения). В такой архитектуре каждая плата-потребитель питается относительно высоким IBV (как правило — нестабилизированным, от 36 до 75 В со средним значением 48 В). Далее работают вторичные многофункциональные ИП. Обычно это изолированные, стабилизированные DC/DC-конвертеры, расположенные на целевой пла-

те и обеспечивающие напряжения питания для нагрузки. DPA оказалась весьма эффективной, поскольку позволила снизить стоимость и физические размеры ИП требуемой выходной мощности.

Следующим шагом стала архитектура с промежуточной шиной, или IVA (модификация DPA). Основная идея IVA состоит в разделении функций обобщенного DC/DC-преобразователя — гальванической развязки, преобразования напряжения и его стабилизации — по разным исполнительным устройствам. Сначала IBC обеспечивает гальваническую развязку от первичной шины постоянного напряжения в системе и формирует пониженное промежуточное напряжение IBV (обычно от 5 до 14 В).

К этому промежуточному напряжению предъявляются высокие требования по стабильности, потому что окончательная стабилизация осуществляется на второй ступени, непосредственно у точек нагрузки. Поэтому IBC может быть частично стабилизированным с непосредственным управлением от входного напряжения (в иностранной литературе используется термин loosely) или вообще нестабилизированным. Оба этих варианта наиболее дешевы в реализации и обеспечивают высокую плотность мощности преобразования. Полученное IBV с помощью промежуточной шины распределяется в пределах системы на входы нескольких малогабаритных высокоэффективных piPOL, расположенных непосредственно около точек нагрузки и осуществляющих окончательную стабилизацию. Замена многофункциональных блоков DC/DC на комбинацию «IBC + набор piPOL» привела к дальнейшему снижению габаритов, стоимости и повышению производительности систем питания.

Для большинства конечных приложений со многими потребителями сегодня отдается предпочтение архитектуре IVA. Ее основное преимущество — низкая стоимость, потому что системы электропитания с одним трансформатором для гальванической развязки дешевле систем, в которых таких трансформаторов несколько. Основным недостатком IVA — пониженная эффективность работы преобразователя, так как на-

пряжение конвертируется дважды (от промежуточного напряжения в IBV и затем от IBV к piPOL) и КПД обеих ступеней перемножаются.

Но, несмотря на все улучшения, существующие практические решения IVA с IBC и piPOL все-таки являются нишевым продуктом. Основными областями применения остаются телекоммуникационное оборудование, питание мощных процессоров и серверных станций. А для широкого применения в различных конечных приложениях (включая массовый рынок) IVA достаточно сложна в разработке, зачастую избыточна по мощности и не дешева. Обвеска таких систем иногда требует немалых дополнительных затрат, особенно когда речь идет о фильтрующих конденсаторах большой емкости для работы при отрицательных температурах или для случаев жестких условий эксплуатации конечного изделия. Поэтому на рынке ИП естественным образом возникла потребность в более простых решениях, не требовательных к внешней обвеске и высокой квалификации разработчиков.

Поиски следующего поколения дискретных устройств, пригодных для решения разных современных задач электропитания, не прекращаются. В данной статье мы расскажем о новом решении компании Vicor, доступном для быстрого освоения и широкого применения.

Несколько лет назад Vicor Corp. предложила и запатентовала идеологически новую концепцию IVA. Новый подход к преобразованию мощности был назван архитектурой FPA (Factorized Power Architecture), в которой имеется возможность комбинировать и переставлять местами основные функции преобразователя энергии — трансформацию напряжения, его стабилизацию и гальваническую развязку (рис. 2).

Термин Factorize в технической литературе обозначает арифметические действия: разлагать на множители, выносить за скобки. А по отношению к системам вторичного электропитания по FPA это означает перемещение функций гальванической развязки на точку нагрузки. Для получения стабильного напряжения на нагрузке в архитектуре IVA

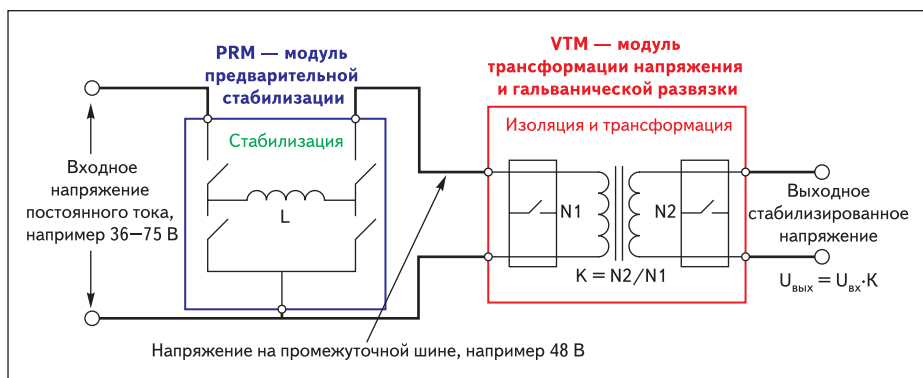


Рис. 2. Принцип построения архитектуры FPA компании Vicor

стабилизация происходила на выходной ступени (POL), а в архитектуре FPA она перемещается на уровень IBC. Таким образом, теперь стабилизируется IBV, а требуемое выходное постоянное напряжение получается путем простой трансформации непосредственно у точки нагрузки. Это принципиальное отличие архитектур FPA и IBA.

Составляющие FPA функциональные модули VI Chip обеспечивают превосходные показатели по переходным характеристикам, плотности преобразования мощности и эффективности работы. Результирующая система вторичного электропитания, построенная по архитектуре FPA, имеет значительно более высокий КПД и дает дополнительные преимущества — низкую стоимость и отличную надежность.

Первой ступенью в FPA является модуль предварительной стабилизации PRM, который из входного напряжения постоянного тока на системной шине, изменяющегося в широких пределах, формирует выходное стабилизированное напряжение на промежуточной шине (Factorized Bus). Модуль PRM не обеспечивает гальванической развязки, но благодаря этому его внутренняя конструкция максимально упрощена и оптимизирована. Он может работать с КПД более 92%, а также имеет возможность выдавать повышенное (по сравнению с обычными системами IBA) напряжение на промежуточной шине.

Вторая ступень в FPA — индивидуальные изолированные POL, которые компания Vicor называет VTM, или модулями — трансформаторами напряжения. Они осуществляют гальваническую развязку «вход/выход» и преобразование уровней напряжения.

Модули VTM могут работать с повышенным (по сравнению с обычными системами IBA) входным напряжением, например 24 или 48 В. Выходное напряжение определяется коэффициентом передачи $K = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ (или «коэффициентом трансформации»), который остается стабильным при изменениях тока нагрузки, температуры и воздействии других возмущающих факторов. Модули VTM имеют КПД до 97%, отличные динамические и переходные характеристики, а также низкий уровень создаваемых электромагнитных помех. При такой организации системы питания снижаются омические потери на промежуточной системной шине и предоставляются дополнительные возможности для конструктора: модуль PRM может быть размещен далеко от потребителей энергии, вплоть до отдельной печатной платы, а VTM — непосредственно рядом с потребителем (нагрузкой).

В начальной школе нас учили, что от перемены мест слагаемых сумма не меняется. А у компании Vicor получилось совершенно другое. В результате перераспределения основных функций преобразования энергии идеология построения системы питания по

архитектуре FPA предоставила разработчику новое качество — значительно более широкую свободу при реализации различных схем. Теперь можно использовать только те функции DC/DC-конвертера, которые необходимы в конкретном конечном устройстве, не усложняя систему в целом и не переплачивая за неиспользуемые функции.

Архитектура FPA обладает рядом преимуществ и на системном уровне. Обычно POL работают с IBV не более 12 В, так как при преобразовании с коэффициентом > 4 у DC/DC с ШИМ падает КПД. Поэтому при повышении IBV обычно требуется дополнительная ступень преобразования (например, 48 → 12 В), что снижает общий КПД. А модули VTM компании Vicor могут работать непосредственно от шины 48 или 24 В (или даже 300 В) и формировать выходные напряжения в диапазоне от $U_{\text{вх}}$ до $KU_{\text{вх}}$.

Первоначально программа Vicor была направлена на обеспечение высокоэффективным питанием суперкомпьютеров Google, Yahoo, где от источника питания требуются малые габариты, высокая удельная мощность преобразования, большие токи при малых напряжениях. Заказчиками выступали фирмы IBM и Sony. В результате проделанной работы корпорации Vicor удалось создать законченные продукты стандартного ряда (рис. 3), которые принципиально отличаются от известных решений как по принципу построения системы питания, так и по технологическим и схемотехническим решениям.

Модули VI Chip — это стандартные изделия, которые дают возможность создавать источники и системы питания с гораздо лучшими массо-габаритными, электрическими характеристиками и параметрами по надежности. Модули VI Chip благодаря универсальности и отличными характеристикам, помимо применения в микропроцессорах, уже активно используются в индустрии (питание светодиодных экранов, современное технологическое оборудование) и оборонной промышленности (авионика, судостроение и пр.). Они обладают всеми требуемыми от совре-

менного источника питания основными параметрами: высокие показатели удельной плотности преобразования энергии, высокий КПД, быстродействие, отличные шумовые характеристики, малые габариты и вес. В то же время их стоимость ниже, чем у распространенных DC/DC-преобразователей такой же мощности.

Новое поколение продукции Vicor имеет ряд преимуществ — минимальные габаритные размеры функциональных модулей и используемый в них резонансный метод преобразования энергии. Продукция семейства VI Chip, безусловно, относится к классу Hi-Tech. Модули с размерами всего 32,5×22×6,6 мм обеспечивают конвертирование мощности до 300 Вт с КПД 95–98%. Это соответствует 70 кВт/дм³ удельной мощности! При их изготовлении используются многослойные печатные платы, планарные трансформаторы со специальными ферромагнетиками и новая запатентованная топология преобразования мощности — SAC (Sine Amplitude Conversion). Преобразователь является резонансным и работает с постоянной частотой до 3 МГц. Такая высокая частота преобразования обеспечивает превосходные динамические характеристики, в частности малое время отклика на перепад тока нагрузки. Например, при скачкообразном увеличении нагрузки до 90% номинала с нарастающим током до 50 А/мкс модуль VTM способен отреагировать на это через 200 нс с типовым временем установления 1 мкс. Это значительно превосходит достижения существующих DC/DC-преобразователей. Топология SAC позволяет также существенно снизить уровень шумов и помех. Например, выход VTM с коэффициентом преобразования 1:4 (48 → 12 В) имеет размах высокочастотного шума не более 20 мВ, что составляет всего 0,2% от значения выходного напряжения при фильтрующем керамическом конденсаторе емкостью 1 мкФ.

Особенности модулей VTM позволяют отказаться от применения дорогих и склонных к отказам электролитических конденсаторов большой емкости, заменив их на высокона-



Рис. 3. Семейство VI Chip: модули BCM, PRM, VTM

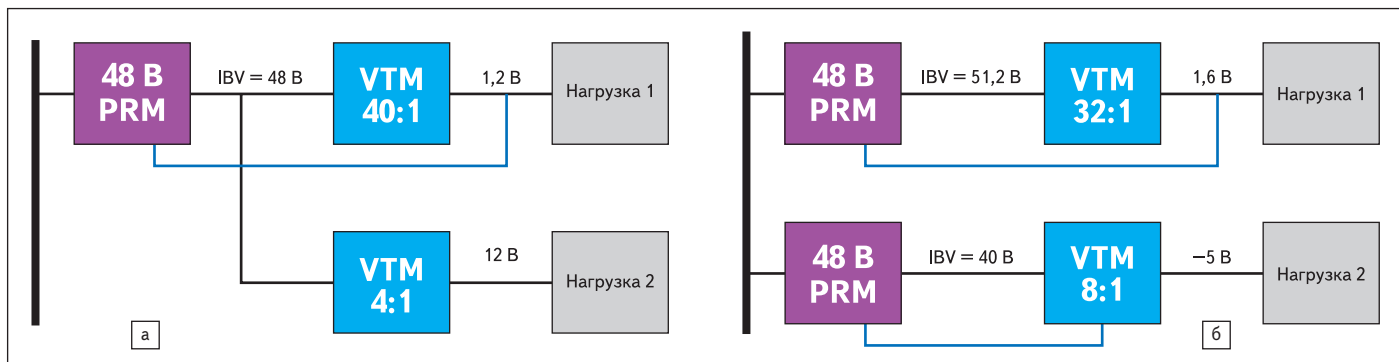


Рис. 4. Варианты конфигураций FPA: а) питание двух VTM от одного PRM; б) два независимых источника PRM + VTM с различными петлями обратной связи

дежные керамические. Следовательно, становится возможным еще больше повысить надежность работы всей системы питания, значительно снизить ее массо-габаритные характеристики и стоимость.

Благодаря малому значению выходного импеданса модулей VTM (около 1 мОм) стабилизация напряжения на нагрузке остается весьма хорошей (порядка ±4%) даже в случае, когда PRM и VTM работают с разомкнутым контуром регулирования. Выход VTM может быть также заведен на управляющий вход PRM, при этом точность стабилизации в полученном замкнутом контуре возрастает до десятых долей процента. В замкнутом контуре регулирования модуль PRM откликается на изменения в нагрузке, подстраивая свое стабилизированное выходное напряжение на промежуточной шине вверх или вниз для компенсации выходного импеданса VTM (обычно в пределах ±4%). Один PRM вполне способен питать несколько VTM с различными коэффициентами трансформации. Исключительная гибкость архитектуры FPA позволяет комбинировать модули PRM и VTM в различных комбинациях для получения нескольких выходных напряжений (рис. 4).

Компания Visog не забыла и первую ступень преобразования, на которой «сырое» первичное входное напряжение преобразуется в IBV. Именно здесь работают те замечательные модули BCM, которые мы упоминали во вступлении к статье. Основными функциями BCM являются трансформация напряжения и гальваническая развязка. Эти модули способны работать с КПД более 95% потому, что BCM не стабилизирует выходное напряжение, а лишь обеспечивает его фиксированное понижение с заданным коэффициентом трансформации. В разработке у компании Visog сейчас находится следующее поколение шинных преобразователей BCM, которые будут дополнительно выполнять функцию выпрямления входного переменного напряжения. То есть их можно будет использовать для создания в кратчайшие сроки малогабаритных высоконадежных и эффективных AC/DC-преобразователей с требуемыми характеристиками.

Все модули VI Chip — BCM, PRM и VTM — имеют одинаковые стандартные размеры 32,5×22×6,6 мм и вес около 15 г. Показатели конвертируемой мощности — от 120 до 320 Вт на корпус, КПД — 92–97%. Модули выпускаются в трех конструктивных исполнениях: для монтажа в отверстия (рис. 5а), с J-выводами (рис. 5б) и выполненные на теплоотводящей крепежной пластине (рис. 5в) — опция VI-BRICK. Рабочий температурный диапазон — промышленный (градация «Т»), от -40 до +125 °С, выпускаются также модули для военного температурного диапазона (градация «М»): от -55 до +125 °С с возможностью хранения при -65 °С. Напряжение изоляции для модулей VTM и BCM составляет 2250 В постоянного тока, гарантированное время наработки на отказ — более 2,5 млн часов. Модули градации «М» удовлетворяют всем MIL-стандартам по механическим воздействиям и устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Функциональное построение модулей PRM и VTM

Функциональная схема модуля PRM показана на рис. 6. Здесь применяется запатентованная ZVS-топология и специально разработанный компанией Visog контроллер. По сути, модуль PRM представляет собой вольтодобавочный-вольтовывчитающий (Buck-Boost) импульсный стабилизатор, который обеспечивает стабильное выходное напряжение при изменениях $U_{вх}$ выше или ниже фиксированного значения $U_{вых}$. Например, для широко распространенного сектора телекоммуникационных приложений Visog серийно выпускает модули PRM с $U_{вых} = 48 В$, которое стабилизировано при изменении $U_{вх}$ от 36 до 75 В и может подстраиваться с помощью внешнего резистора. Существуют версии PRM и для других диапазонов напряжений. В настоящее время компания серийно выпускает модули с диапазонами входных напряжений 18–60 В; 18–36 В; 36–75 В и выходным напряжением 26–55 В. В этих пределах значение $U_{вых}$ можно выставлять с помощью внешнего резистора, тем самым формируя требуемое напряжение на выходе VTM.

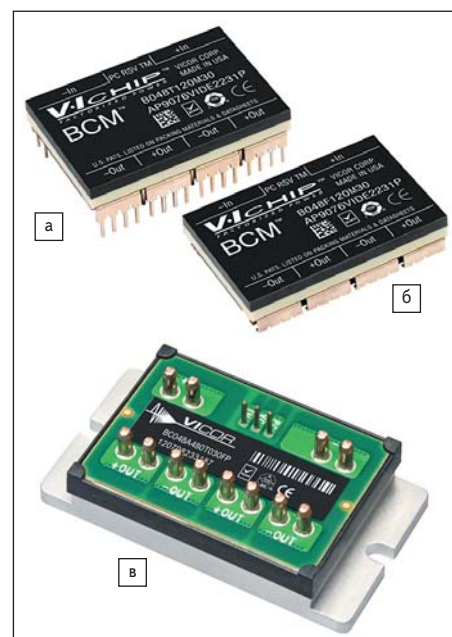


Рис. 5. Варианты исполнения модулей VI Chip: а) для монтажа в отверстия; б) J-выводами; в) VI-BRICK

Мощность модулей PRM составляет 120–320 Вт, для увеличения выходной мощности их можно соединять параллельно.

PRM разрабатывался для работы в связке с модулем VTM — понижающим трансформатором напряжения, но может применяться и как отдельный стабилизатор. Для расширения функциональных возможностей у PRM имеются специальные порты управления:

- VC — VTM Control. Порт VC обеспечивает подачу питающего напряжения на модуль VTM. Через этот порт осуществляется обратная связь для компенсации падения напряжения на внутреннем сопротивлении VTM. В PRM реализована внутренняя адаптивная обратная связь для компенсации этого падения напряжения. Порт используется в случае совместной работы PRM–VTM.
- PC — Primary Control. Порт используется для внешнего запуска/отключения модуля. При неисправностях или срабатывании защиты на нем появляется пульсирующее напряжение, исчезающее при восстановлении нормального функционирования модуля.

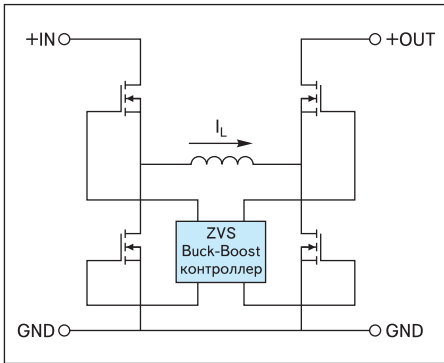


Рис. 6. Функциональная схема модуля PRM

- IL — вход для подстройки предела срабатывания защиты по току. Этот предел может быть уменьшен с помощью подключения внешнего резистора.
- PR — порт предназначен для обеспечения равномерной загрузки модулей PRM при их параллельном соединении.
- SC — Secondary Control. Подачей внешнего аналогового сигнала на этот порт можно контролировать скорость нарастания выходного напряжения, то есть обеспечивать мягкий старт модуля VTM.
- OS — Output Set. Используется для подстройки выходного напряжения PRM (напряжения на Factorized Bus). Реализуется с помощью подключения внешнего резистора. Допустимый диапазон изменения $U_{\text{вых}}$ приблизительно $\pm 50\%$ от номинального.
- CD — Compensation Device. Порт предназначен для компенсации падения напряжения на внутреннем сопротивлении модуля VTM в зависимости от тока нагрузки. Функциональная схема модуля VTM показана на рис. 7 (шинный преобразователь BSM построен таким же образом). Устройство представляет собой изолированный нестабилизированный (то есть $U_{\text{вых}} = KU_{\text{вх}}$) преобразователь напряжения/умножитель тока. Это резонансный мостовой преобразователь с переключением ключей при нулевом напряжении и нулевом токе (ZVS и ZCS) и постоянной частотой преобразования; синхронный выпрямитель на выходе; стабильный, не зависящий от температуры и тока нагрузки коэффициент преобразования $K = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$. В модуле реализованы встроенные системы защиты при уходе входного напряжения

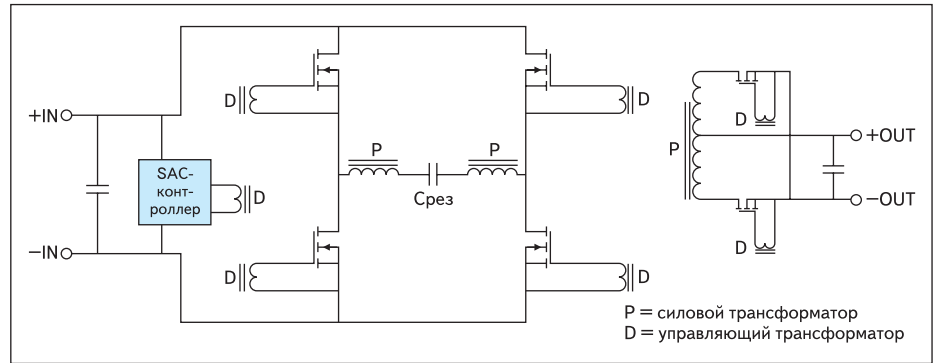


Рис. 7. Функциональная схема модуля VTM

и выходного тока за установленные (предельные) границы.

На первичной обмотке трансформатора, индуктивность которого совместно с емкостью $C_{\text{рез}}$ образует резонансный контур, формируется синусоидальное напряжение, которое трансформируется во вторичную обмотку с коэффициентом преобразования K , фиксированным для данного модуля. Величина необходимой емкости сглаживающего конденсатора на выходе VTM эквивалентна K^2C на входе. Поэтому в качестве внешних дополнительных пассивных компонентов с VTM (и BSM) можно применять высококачественные и малогабаритные фильтрующие керамические конденсаторы небольшой емкости. Помимо существенной экономии пространства на печатной плате, они дешевле и менее чувствительны к рабочей температуре, чем электролитические (рис. 8).

Основное функциональное отличие модуля VTM от модуля BSM состоит в том, что VTM оптимизирован для совместной работы с PRM (VTM имеет специальный порт для компенсации падения напряжения на выходном сопротивлении, встроенные алгоритмы включения модуля при подаче напряжения и возникновении перегрузки по току). Модуль BSM идеологически проще. Он предназначен для работы в качестве отдельного, независимого формирователя напряжения на промежуточной силовой шине, а в качестве источника питания для BSM может выступать любой внешний преобразователь — DC/DC или AC/DC.

Основные характеристики модулей VTM:

- Номинальные значения выходного напряжения определяются как $48/n$ В, где

$n = 1, 2, 3, \dots 48$. Как уже упоминалось, у VTM $U_{\text{вых}} = KU_{\text{вх}}$. Таким образом, $U_{\text{вых}}$ можно устанавливать отличным от номинального, изменяя $U_{\text{вх}}$. Например, для модуля с номинальным $U_{\text{вых}} = 6,0$ В, можно устанавливать значение $3,25\text{--}6,88$ В.

- Выходной ток — до 90 А.
- Высокий КПД — от 91 до 97%.
- Выходной импеданс $R_{\text{out}} \sim$ от 1 до 200 мОм.
- Быстродействие — не более 1 мкс.

Для расширения функциональных возможностей у данных модулей также имеются специальные порты управления:

- VC — порт для связи с PRM (отсутствует у BSM);
- PC — дистанционное включение/отключение выходного напряжения.

Уникальные схемотехнические и технологические решения Vicor позволяют создавать модули VTM/BSM с любым входным напряжением из диапазона 10–400 В. Разработанная на заказ модель VTM/BSM немедленно переводится компанией Vicor в статус стандартных модулей VI Chip и становится доступной для заказа. Все новые модели постоянно разрабатываются с учетом текущих потребностей мирового рынка. В настоящее время корпорацией Vicor освоены версии VTM с $U_{\text{вх}} 48$ В (26–55) В, $U_{\text{вых}} 0,8\text{--}55$ В и мощностью 210–300 Вт; модули BSM с $U_{\text{вх}}/U_{\text{вых}} 48$ В (38–55) В/0,8–55 В и модели для использования совместно с модулем PFC (Power Factor Corrector) $U_{\text{вх}}/U_{\text{вых}} 352$ В (330–365) В/10,3–11,4 В; 384 В (364–400) В/11,25–12,5 В и мощностью 210–300 Вт. Еще раз подчеркнем, что в разработке у компании Vicor в настоящее время находятся новые версии модулей BSM, которые будут дополнительно выполнять функцию выпрямления входного переменного напряжения и корректора коэффициента мощности, то есть работать как малогабаритные надежные и эффективные AC/DC-преобразователи.

Технические характеристики модулей BSM, VTM и PRM, рекомендации по применению в различных приложениях, сводные таблицы моделей и другая полезная информация будет подробно освещена в следующей статье, посвященной продуктам VI Chip производства компании Vicor.

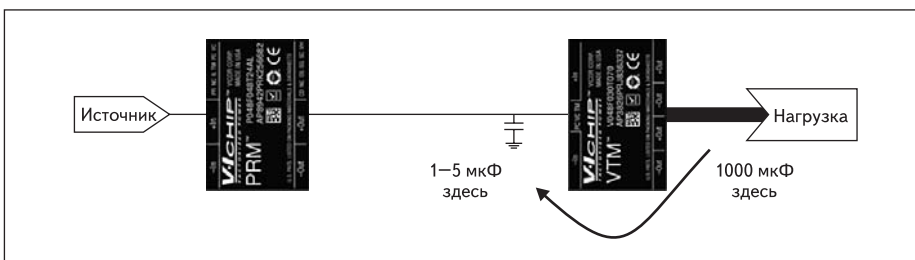


Рис. 8. Эквивалентное «преобразование» емкости фильтрующего конденсатора