

AC/DC-модули компании Vicor

Владимир БЕЛОТУРОВ

Дмитрий ИВАНОВ, к. т. н.
di@efo.ru
Игорь КРИВЧЕНКО, к. т. н.
ik@efo.ru

Мы продолжаем цикл публикаций, посвященных построению систем вторичного электропитания на базе модулей американской компании Vicor. В третьей статье этого цикла рассмотрены модули AIM, ARM и FARM, которые предназначены для сопряжения DC/DC-конвертеров Vicor с входной сетью переменного тока.

Введение

В предыдущих статьях [1, 2] мы рассказали о DC/DC-конвертерах Vicor первого (рис. 1а) и второго (рис. 1б) поколений. По своему функциональному назначению эти устройства являются импульсными стабилизированными преобразователями напряжения с гальваническим разделением входных и выходных цепей. В них используются квазирезонансный метод импульсного преобразования постоянного напряжения и частотно-импульсный метод стабилизации выходного напряжения.

DC/DC-конвертеры первого поколения (семейства VI-2xx/VE-2xx, VI-Jxx/VE-Jxx и VAT-MOD) имеют номинальную выходную мощность от 25 до 200 Вт, 12 диапазонов входного напряжения (от 10–20 до 200–400 В) и 22 номинальных значения выходного напряжения (от 2 до 95 В). У DC/DC-конвертеров второго поколения, к которому относятся семейства Maxi, Mini и Micro, номинальная выходная мощность лежит в пределах от 50 до 600 Вт; эти конвертеры имеют 8 диапазонов вход-

ного напряжения (от 18–36 до 250–425 В) и 13 номинальных значений выходного напряжения (от 2 до 54 В). С целью увеличения выходной мощности или резервирования системы питания допускается параллельная работа нескольких модулей на общую нагрузку (Power Sharing), а для увеличения выходного напряжения источника питания выходы нескольких модулей можно соединять последовательно.

Главными достоинствами DC/DC-конвертеров Vicor являются высокий (до 90%) коэффициент полезного действия, низкие уровни шумов и пульсаций выходного напряжения, низкий уровень излучаемых электромагнитных помех, большая удельная плотность конвертируемой мощности (до 7300 Вт/дм³), широкий рабочий температурный диапазон (от –55 до +100 °С), возможность стабилизации напряжения на удаленной нагрузке, наличие управляющего входа Enable/Disable, возможность регулировки выходного напряжения с помощью внешних электрических цепей, высокая устойчивость к вибрациям и ударным нагрузкам, неболь-

шие габариты и вес, а также очень высокая надежность и отличное качество изготовления.

В этой статье речь пойдет об AC/DC-преобразователях, которые служат для сопряжения DC/DC-конвертеров Vicor с входной сетью переменного тока, а также для защиты источника питания от входных помех.

Входные модули-выпрямители семейств VI-AIM и VE-AIM

Модули AIM (Alternating Input Module) — это универсальные входные модули, предназначенные для сопряжения DC/DC-конвертеров Vicor первого поколения с сетью переменного тока с частотой от 47 до 440 Гц и действующим значением напряжения от 85 до 264 В. Компания Vicor производит модули AIM только одной номинальной мощности (250 Вт) и только с одним форм-фактором — «полкирпича» (Half-Brick) (рис. 2).

В составе AC/DC-конвертера (рис. 3) модуль AIM выполняет следующие функции: подавление электромагнитных помех по цепи питания, выпрямление входного на-



Рис. 1. DC/DC-конвертеры Vicor: а) первого поколения; б) второго поколения



Рис. 2. Модуль семейства VI-AIM

Таблица 1. Параметры и эксплуатационные характеристики модулей VI-AIM/VE-AIM

Параметр	Значение
Действующее значение входного напряжения, В	85–264
Частота входного напряжения, Гц	47–440
Номинальная выходная мощность, Вт	250
Кoeffициент полезного действия, %	97
Кoeffициент мощности	0,62
Максимальный пусковой ток, А	40
Гальваническое разделение входных и выходных цепей	Нет
Электрическая прочность изоляции входных и выходных выводов от основания модуля (rms), В	1500
Защита от короткого замыкания в выходной цепи	Нет
Защита от импульсных перенапряжений общего вида (1,2/50 мкс, 2 кВ, 2 Дж)	Да
Емкость внешнего конденсатора, мкФ	270–1200
Габаритные размеры, мм	57,9×61×12,7
Масса, г	85
Рабочий температурный диапазон, °С:	
• класс «Е»	–10...+100
• класс «С»	–25...+100
• класс «I»	–40...+100
• класс «M»	–55...+100
Температура хранения, °С:	
• класс «Е»	–20...+100
• класс «С»	–40...+100
• класс «I»	–55...+100
• класс «M»	–65...+100

пряжения, защита от выбросов входного напряжения при переходных процессах в сети и ограничение пускового тока при включении конвертера.

Основные параметры модулей AIM приведены в таблице 1. Модули VI-AIM и VE-AIM одного и того же температурного класса отличаются друг от друга только тем, что последние соответствуют требованиям директивы RoHS, которая запрещает использование в электронных компонентах свинца и ряда других вредных химических элементов.

Выходное напряжение модуля AIM представляет собой результат двухполупериодного выпрямления входного сетевого напряжения и последующего сглаживания пульсаций с помощью конденсатора С (рис. 3). Максимальное значение выходного напряжения приблизительно равно пиковому значению входного напряжения, то есть 310 В при действующем значении напряжения в сети 220 В. Это необходимо учитывать при выборе номинального входного напряжения DC/DC-конвертера, а также при выборе рабочего напряжения конденсатора С. Например,

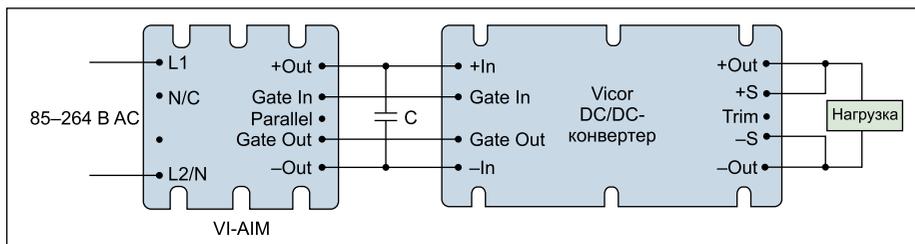


Рис. 3. Схема соединения модуля VI-AIM с DC/DC-конвертером Vidor первого поколения

для источника питания, предназначенного для подключения к сети с напряжением 220 В, следует использовать DC/DC-конвертер серии VI-26x-xx или VI-J6x-xx с допустимыми пределами изменения входного напряжения от 200 до 400 В [1, 3] и сглаживающий конденсатор с номинальным рабочим напряжением 400 В. Емкость сглаживающего конденсатора зависит от напряжения и частоты питающей сети, от выходной мощности источника питания и системных требований к времени удержания выходного напряжения при кратковременном пропадании напряжения в сети. Подробные рекомендации и расчетные формулы можно найти в руководстве по применению DC/DC-конвертеров Vidor первого поколения. Для входной сети с частотой 50 Гц и напряжением 220 В можно использовать конденсатор, входящий в группу аксессуаров, поставляемых компанией Vidor (Vidor Part Number 30240) [3].

Кроме конденсатора С в схеме AC/DC-конвертера рекомендуется использовать еще несколько внешних пассивных компонентов, не показанных на рис. 3, например два плавких предохранителя для защиты входной цепи каждого из модулей: один — между входом AC/DC-конвертера и входом L1 модуля AIM, а второй — между выходом +OUT модуля AIM и входом +IN модуля VI-2xx/Jxx. Между входами L1 и L2/N модуля AIM рекомендуется подключить помехоподавляющий конденсатор емкостью 0,47 мкФ, а также металлооксидный варистор (Vidor Part Number 30076), который служит для дополнительной внешней защиты модуля от входных перенапряжений любой природы. Внешний варистор способен защитить модуль AIM от импульсной помехи нормального вида с напряжением 1 кВ, при условии, что время нарастания напряжения не превышает 1,2 мкс, длительность импульса — 50 мкс, а энергия импульса — 2 Дж.

Металлические основания обоих модулей следует соединить с шиной «земля» входной сети, а между каждым из входов +IN и –IN модуля VI-2xx/Jxx и его заземленным основанием подключить развязывающий конденсатор Y-типа емкостью 10 нФ. Между каждым из выходов +OUT и –OUT модуля VI-2xx/Jxx и его основанием рекомендуется подключить керамический конденсатор емкостью 10 нФ. Развязывающие конденсаторы необходимо размещать на минимально возможном рас-

стоянии от соответствующих выводов модуля.

При конструировании источника питания на базе модуля AIM, а также при подключении к модулю каких-либо измерительных приборов во время лабораторных исследований или натурных испытаний, следует помнить о том, что выходные цепи модуля AIM не изолированы от входных цепей. По этой причине не допускается соединение выходов модуля с шиной «земля».

Входные модули-выпрямители VI-ARM с автоматическим переключением коэффициента преобразования

Модули ARM (Autoranging Rectifier Module) предназначены для сопряжения DC/DC-конвертеров Vidor серий V-26x и VI-J6x [1], а также конвертеров второго поколения серии V300 [2] с сетью переменного тока с частотой от 47 до 880 Гц и действующим значением напряжения от 90 до 132 В или от 180 до 264 В (табл. 2).

В состав модуля ARM входят четыре выпрямительных диода, два силовых электронных ключа, термистор с положительным температурным коэффициентом (Positive Temperature Coefficient, PTC) и микроконтроллер, который управляет ключами, а также вырабатывает сигналы EN (Enable) и BOK (Bus-OK) (рис. 4). Микроконтроллер осуществляет постоянный мониторинг выходной шины модуля и, в зависимости от уровня выходного напряжения, управляет ключом Strap, при замыкании которого мостовой выпрямитель превращается в однополупериодный удвоитель напряжения. Ключ BP (Bypass) используется для шунтирования PTC-термистора, который служит для ограничения пускового тока при подключении модуля к сети и защиты модуля от повышенного входного напряжения. Для работы удвоителя и сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения необходимы два внешних конденсатора одинаковой емкости, один из которых подключается между выводами +V и ST, а второй — между выводами ST и –V. Эти конденсаторы также способны поддерживать в допустимых пределах напряжение на выходной шине модуля ARM при кратковременном пропадании напряжения во входной сети. Отсюда происходит на-

Таблица 2. Параметры и эксплуатационные характеристики модулей VI-ARM и VI-FARM

Параметр	ARM	ARMB	FARM1	FARM2
Действующее значение входного напряжения, В	90–132, 180–264		90–132, 180–264	
Частота входного напряжения, Гц: • классы «С» и «Е» • классы «Т» и «Н»	47–63 47–880		47–63 47–880	
Выходное напряжение (при Uвх = 90–264 В), В	200–375		250–370	
Максимальная выходная мощность, Вт • при Uвх = 115 В • при Uвх = 230 В	500 750	750 1500	500 750	750 1000
Кoeffициент полезного действия, %	96–98		96	
Кoeffициент мощности	0,6		0,6	
Максимальный пусковой ток («холодный» старт при Uвх = 264 В), А	30		30	
Гальваническое разделение входных и выходных цепей	Нет		Нет	
Электрическая прочность изоляции между выводами и основанием модуля (rms), В	1500		1500	
Корпус	Quarter Brick (рис. 7а)		Half Brick (рис. 7б)	
Габаритные размеры, мм	57,9×36,8×12,7		57,9×55,9×12,7	
Масса, г	60		88	
Рабочий температурный диапазон, °С: • класс «Е» • класс «С» • класс «Т» • класс «Н»	-10...+100 -20...+100 -40...+100 -40...+100		-10...+100 -20...+100 -40...+100 -40...+100	
Температура хранения, °С: • класс «Е» • класс «С» • класс «Т» • класс «Н»	-40...+125 -40...+125 -40...+125 -55...+125		-20...+125 -40...+125 -40...+125 -55...+125	

Примечание. Uвх — действующее значение напряжения между выводами L и N модуля.

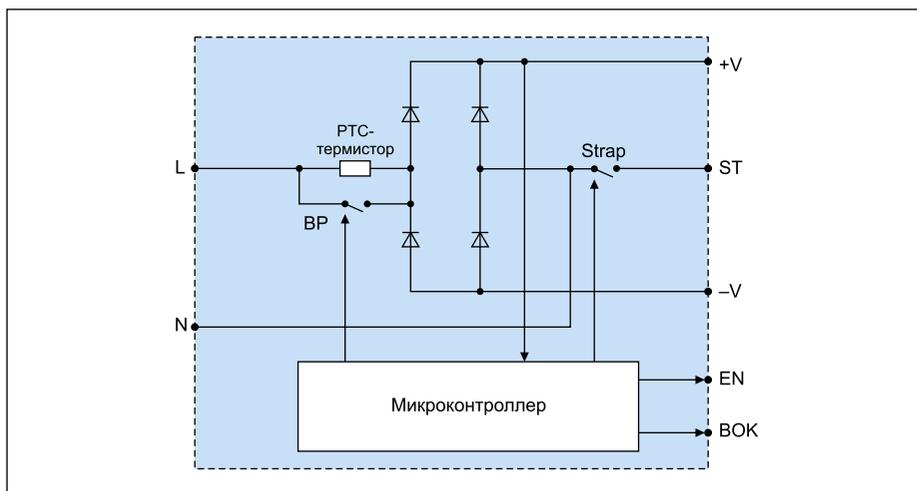


Рис. 4. Функциональная схема модуля VI-ARM

денсаторов и сопротивления термистора. Скорость изменения выходного напряжения отслеживается микроконтроллером, и, если установившееся напряжение на выходной шине не достигает 200 В, замыкается ключ Strap. Образуется перемычка между средней точкой соединения внешних конденсаторов и входом N модуля, в результате чего мостовой выпрямитель трансформируется в однополупериодный выпрямитель-удвоитель. Если установившееся напряжение на выходной шине превышает 200 В, режим удвоения не активируется. Когда выходное напряжение достигает уровня 235 В, замыкается ключ BP. Входной ток начинает протекать в обход PTC-термистора.

Кроме силовых выходов +V и -V, модуль ARM имеет еще два логических выхода: EN и BOK, сигналы на которых формируются встроенным микроконтроллером (рис. 5, 6).

Выход EN модуля ARM следует подключить к управляющему входу GATE IN или PC оконечного DC/DC-конвертера [1, 2] для предотвращения несвоевременного запуска DC/DC-конвертера при включении источника питания (рис. 5). Логический сигнал на выходе EN формируется с помощью встроенного MOSFET-транзистора, сток которого через резистор с сопротивлением 150 кОм соединен с внутренней шиной +15 В. При включении модуля ARM выход EN через открытый MOSFET-транзистор соединяется с шиной -V и удерживается в таком состоянии до окончания переходного процесса на шине +V. Разрешающий сигнал высокого ($15 \pm 0,2$ В) уровня устанавливается на выходе EN приблизительно через 150 мс после замыкания ключа BP.

Если напряжение на выходной шине модуля ARM достигает 400 В, разрешающий сигнал EN сбрасывается, выключая DC/DC-конвертер и предохраняя его тем самым от повреждения. Ключ, шунтирующий PTC-термистор, размыкается, благодаря чему выходное напряжение модуля ARM снижается до безопасного уровня. Когда напряжение на выходе падает до 180 В, ключ снова замыкается.

звание “Hold-up capacitors” (удерживающие конденсаторы), часто встречаемое в англоязычной электротехнической литературе.

С помощью встроенного микроконтроллера реализован следующий алгоритм работы ключей BP и Strap. В момент подключения модуля ARM к сети переменного тока оба ключа находятся в разомкнутом исходном состоянии, в результате чего выпрямительные диоды соединяются по схеме мостового выпрямителя, последовательно с которым включается PTC-термистор (рис. 4). Режим удвоения входного напряжения деактивирован.

После подачи входного напряжения внешние конденсаторы начинают заряжаться, и напряжение на выходной шине модуля увеличивается до тех пор, пока не достигнет своего максимального значения, приблизительно равного амплитуде переменного входного напряжения. Процесс заряда приближенно можно описать экспоненциальной функ-

цией времени. Постоянная времени равна произведению эквивалентной емкости последовательно соединенных внешних кон-

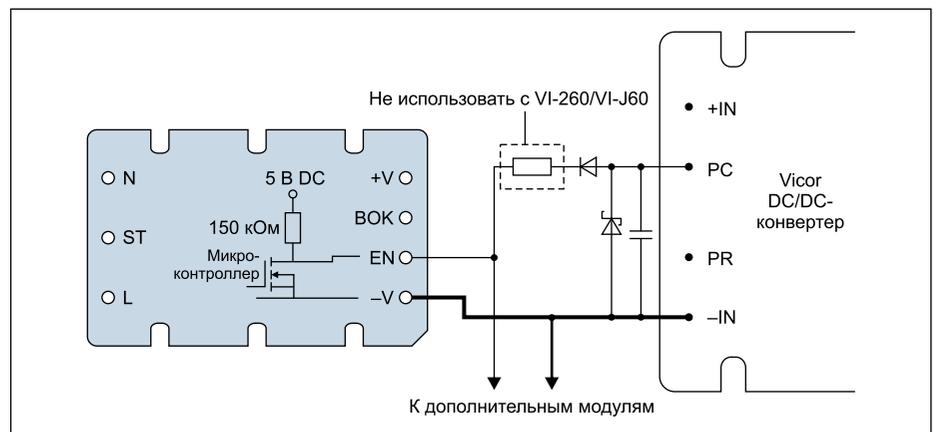


Рис. 5. Схема формирования сигнала на выходе EN модуля VI-ARM

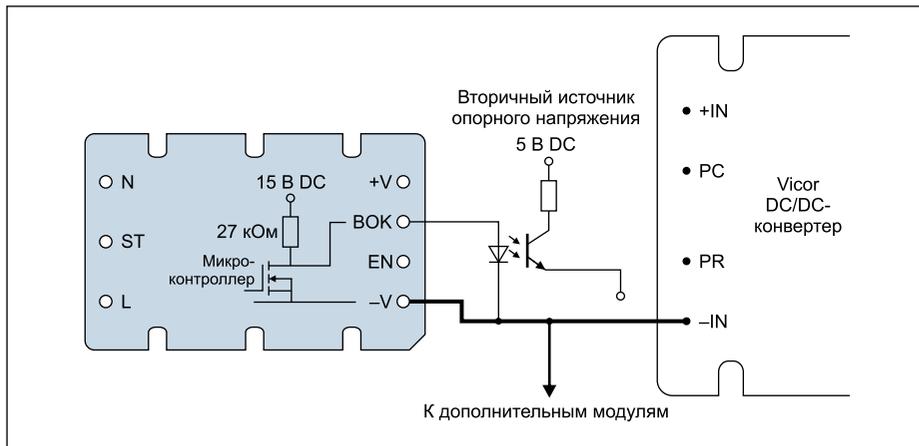


Рис. 6. Схема формирования сигнала на выходе BOK модуля VI-ARM



Рис. 7. Модули: а) VI-ARM; б) VI-FARM

Выход BOK предназначен для сигнализации об отказе или неготовности источника питания к работе. При включении модуля ARM на выходе BOK устанавливается логический сигнал высокого уровня, который сбрасывается через 150 мс после установки разрешающего сигнала на выходе EN. Эта задержка требуется для того, чтобы DC/DC-конвертер включился и вышел на рабочий режим. Когда напряжение на выходной шине модуля ARM падает ниже 205 В, на выходе BOK вновь устанавливается сигнал высокого уровня относительно шины -V; это означает, что выходное напряжение модуля ARM приблизилось к нижней допустимой границе. Если требуется «привязать» этот сигнал к выходной шине DC/DC-конвертера, необходимо дополнительное внешнее устройство с изоляцией входа от выхода, например оптрон (рис. 6), так как модуль ARM не имеет гальванической развязки входных и выходных цепей.

При проектировании источника питания не следует также забывать о том, что, кроме ПТС-термистора, модуль ARM не имеет других встроенных средств защиты от перенапряжений в питающей сети, а также не имеет входного фильтра для подавления входных электромагнитных помех. Для создания на базе модуля ARM высококачественного сетевого источника питания, соответствующего

высоким требованиям по электромагнитной совместимости, рекомендуется использовать внешний фильтр, схему которого можно найти на сайте компании Vicor [3]. Чтобы защитить источник питания от бросков входного напряжения, между входами фильтра рекомендуется подключить металлооксидный варистор (Vicor Part Number 30076).

Модули ARM выпускаются в корпусе Quarter Brick («четверть кирпича») с габаритными размерами 57,9×36,8×12,7 мм и внешне почти ничем не отличаются от DC/DC-конвертеров Vicor семейства Micro (рис. 7а).

Входные модули-выпрямители VI-FARM с автоматическим переключением коэффициента преобразования и встроенным фильтром

Модули FARM (Filter/Autoranging Rectifier Module) выполняют в составе сетевого импульсного источника питания те же функции, что и описанные выше модули ARM, то есть выпрямление и, если требуется, удвоение сетевого напряжения, а также ограничение пускового тока. И те, и другие модули предназначены для поддержания на своем выходе напряжения в таких пределах, которые совместимы с входными характеристиками DC/DC-конвертеров Vicor с номинальным входным напряжением 300 В.

Главное отличие от модулей ARM заключается в том, что модули FARM имеют встроенный широкополосный заграждающий фильтр (рис. 8), подавляющий входные электромагнитные помехи. Кроме того, модули ARM и FARM отличаются друг от друга значениями некоторых параметров (табл. 2) и размерами корпуса.

Модули FARM выпускаются в корпусе Half Brick («полкирпича») с габаритными размерами 57,9×55,9×12,7 мм (рис. 7б). Такой же корпус имеют DC/DC-конвертеры Vicor семейства Mini [2].

Встроенный фильтр модуля FARM (рис. 8) состоит из синфазного дросселя L, двух конденсаторов Y-типа (между каждой из линий и шиной «земля») и двух конденсаторов X-типа (между линиями). Фильтр обеспечивает ослабление синфазных и дифференциальных электромагнитных помех в полосе частот от 100 кГц до 30 МГц.

Для построения сетевого источника питания на базе модуля FARM и DC/DC-конвертера Vicor требуется минимальное число внешних пассивных компонентов, а именно: удерживающие конденсаторы C1 и C2, резисторы R1 и R2 для разряда конденсаторов C1 и C2 после выключения источника питания, входной помехоподавляющий конденсатор C9, металлооксидные варисторы Z1, V1 и V2, плавкие предохранители F1-F3 и еще несколько резисторов,

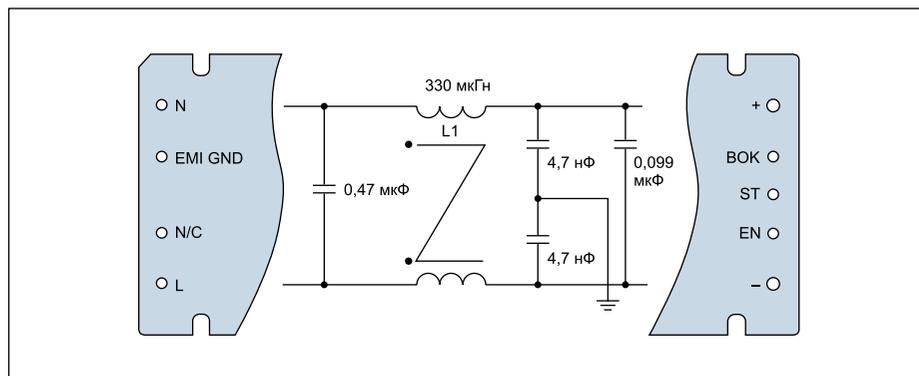


Рис. 8. Схема входного фильтра модуля VI-FARM

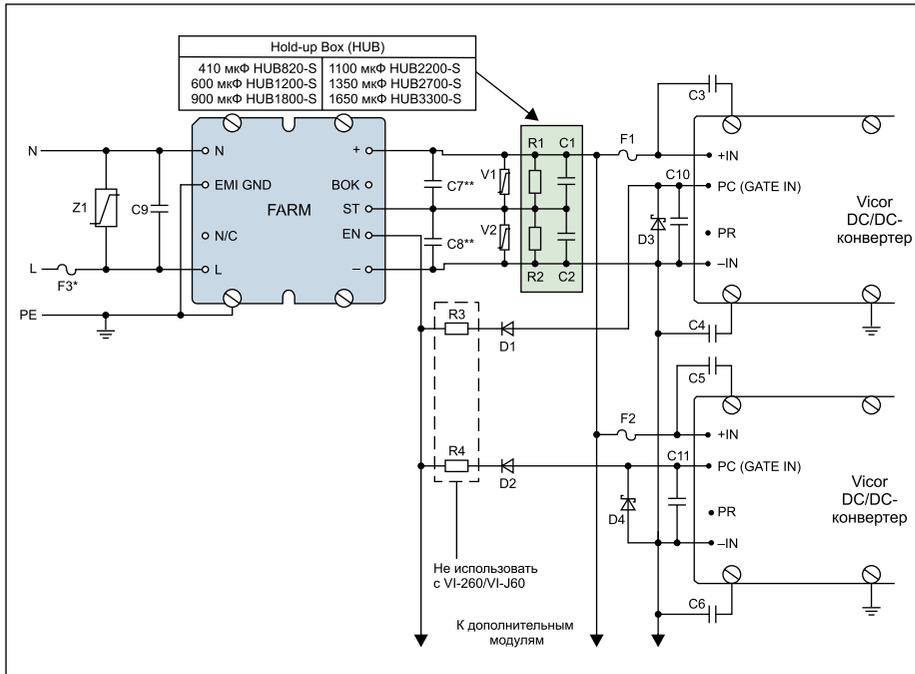


Рис. 9. Схема сетевого источника питания с несколькими выходными напряжениями

с указанием наименований этих компонентов в программе поставок компании Vicor, рекомендации по проектированию источника питания и формулы для расчета емкостей конденсаторов можно найти на сайте компании [3].

Заключение

На этом не заканчивается наш обзор продукции компании Vicor. В будущих выпусках журнала «Компоненты и технологии» мы расскажем о других модулях для построения импульсных источников питания, а также о новой концепции построения распределенных систем электропитания и компонентах, которые производит компания Vicor для реализации таких проектов.

Литература

1. Белотуров В., Иванов Д., Кривченко И. Построение источников питания на базе модулей компании Vicor // Компоненты и технологии. 2011. № 12.
2. Белотуров В., Иванов Д., Кривченко И. DC/DC-конвертеры Vicor второго поколения // Компоненты и технологии. 2012. № 1.
3. Справочно-информационный портал компании Vicor: www.vicorpower.com

диодов и конденсаторов (рис. 9). Все необходимые пассивные компоненты входят в группу аксессуаров Vicor и доступны для

заказа в любых количествах наряду с модулями. Подробное описание принципиальной схемы и полный перечень компонентов