

Олег Стариков (КОМПЭЛ), Андрей Никитин

DC/DC-КОНВЕРТОРЫ SUPIRBUCK В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

В статье рассматриваются вопросы применения синхронных понижающих DC/DC-конверторов SupIRBuck компании International Rectifier в распределенных системах электропитания. Отдельное внимание уделяется достоинствам нового поколения конверторов Gen2, появившихся на рынке в феврале 2009 года.

International
IR Rectifier

Свыше десяти лет системы электропитания телекоммуникационного оборудования, систем сбора и обработки информации, промышленной электроники строятся, в большинстве случаев, на принципе сосредоточенной архитектуры, пример которой приведен на рисунке 1.

Сосредоточенная архитектура предполагает использование AC/DC-конвертора, который преобразовывал сетевое напряжение переменного тока в первичное напряжение постоянного тока (как правило, 18...36 В), которое затем преобразовывалось изолированными DC/DC-конверторами до более низких (вторичных) напряжений питания функциональных плат. Для подобной архитектуры было характерно следующее:

- Вся система электропитания была выполнена в виде одного модуля (платы) или нескольких модулей, размещенных компактной группой.

- Использовался ограниченный ряд номиналов напряжения питания (обычно +5 В для цифровых микросхем и ± 12 В для аналоговых).

- По системе разводились (объединительной платой или проводным монтажом) только шины вторичного напряжения.

- Функциональные платы не имели собственных вторичных источников питания.

Подобная архитектура электропитания использовалась при компактном размещении крупных конструктивных единиц (стоек, блоков и т.п.), образующих систему.

Если же система была разнесена в пространстве, то использовалась распределенная архитектура электропитания. Пример такой архитектуры, (так, как ее понимали в то время), представлен на рисунке 2.

В этом случае крупные конструктивные единицы (стойки, блоки) питались

первичным постоянным напряжением и имели собственные модули вторичного электропитания. В пределах блока архитектура электропитания продолжала оставаться сосредоточенной.

Однако дальнейшее развитие индустрии электронных компонентов привело к тому, что рассмотренные архитектуры перестали соответствовать требованиям времени. К этому привели следующие причины:

- Стала очевидной тенденция к снижению номиналов напряжений питания цифровых интегральных схем. Тради-

ционная пятивольтовая логика стала вытесняться сначала сериями ИС, использующими питание 3,3 В и, в дальнейшем, 2,5 и 1,8 В.

- Получающие широкое распространение БИС программируемых пользователем вентиляционных матриц (FPGA) и цифровых сигнальных процессоров используют несколько номиналов напряжений питания. Так, например, современные FPGA семейств Virtex и Spartan (компания Xilinx) используют три номинала: 1,2 В для питания ядра (VCORE); 3,3 В для питания ячеек ввода-вывода (VIO); 2,5 В для питания вспомогательных схем (VAUX). Микросхемы внешней памяти часто используют питание 1,8 В, а каналы обмена данными (CAN, RS232 и др.) — традиционные 5 В. Иными словами, разнообразие номиналов

У второго поколения Gen2 DC/DC-конверторов SupIRBuck величина максимального входного напряжения снижена с 21 В до 16. Однако более высокий (до 92%) коэффициент заполнения рабочего цикла (Max Duty Cycle) обеспечивает возможность получения более высокого выходного напряжения (14,5 В против 12 у микросхем первого поколения).

ционная пятивольтовая логика стала вытесняться сначала сериями ИС, использующими питание 3,3 В и, в дальнейшем, 2,5 и 1,8 В.

- Получающие широкое распространение БИС программируемых пользо-

питающих напряжений становится исключением, а правилом.

- Существенное значение имеет временная диаграмма последовательности включения и отключения источников питания различных напряжений,

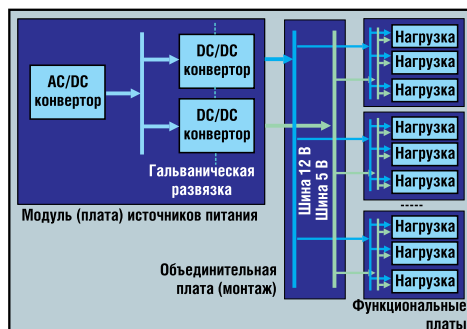


Рис. 1. Сосредоточенная архитектура системы электропитания

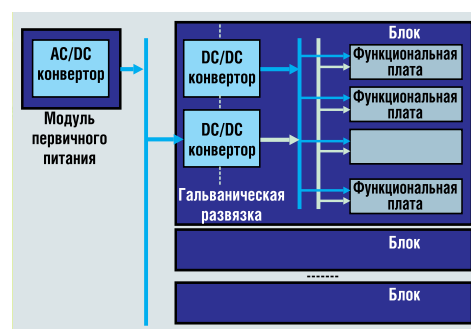


Рис. 2. Распределенная архитектура системы электропитания

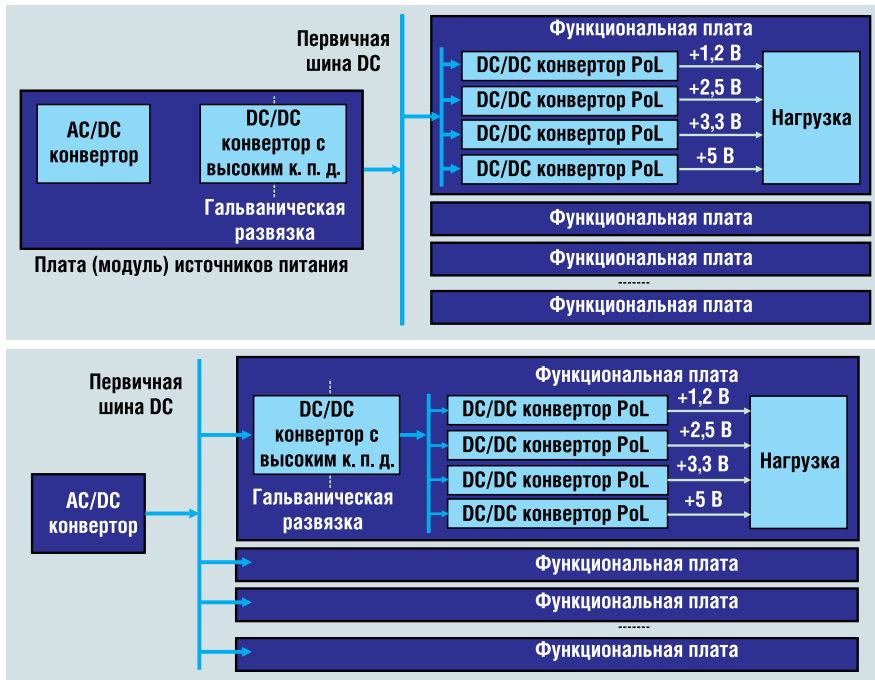


Рис. 3. Распределенные архитектуры систем электропитания, использующие DC/DC-конвертеры Point-of-Load

часто отличающаяся для различных функциональных плат. Реализовать подобную циклограмму из единого модуля электропитания, как правило, не представляется возможным.

• Наконец, организовывать питание функциональных плат низковольтным напряжением из единого источника (например, через объединительную плату) нецелесообразно по ряду объективных причин: падение напряжения

на проводниках, помехи на длинных линиях и т.д.

Исходя из этого, можно сформулировать главные отличительные особенности современных распределенных систем электропитания:

• В качестве входного напряжения функциональных плат используется первичное напряжение постоянного тока, а в состав плат входят вторичные неизолированные DC/DC-конвертеры,

формирующие все необходимые напряжения для питания нагрузки.

• Поскольку вторичный DC/DC-конвертер обеспечивает питанием единственную функциональную плату (или ее функциональный фрагмент), то появляется возможность расположить конвертер в непосредственной близости от нагрузки. Это позволяет минимизировать длину проводников, подводящих питание к нагрузке, и падение напряжения на них, а также ограничить распространение радиопомех.

Вторичные DC/DC-конвертеры, устанавливаемые в непосредственной близости от нагрузки, получили название PoL DC/DC-конвертеры (Point of Load – точка нагрузки). Варианты современных архитектур распределенного электропитания, использующие PoL-конвертеры, представлены на рисунке 3.

Первый вариант применяется, если в системе используется относительно низковольтное (до 20 В) первичное постоянное напряжение. В этом случае первичный DC/DC-конвертер размещен в модуле питания, а функциональные платы содержат только PoL-конвертеры.

Однако в ряде приложений, в соответствии с различными нормативными документами, используется более высокое первичное напряжение. Например, 36...60 В – для телекоммуникационных приложений; 18...36 В – для промышленного оборудования; 42...53 В – для систем сбора и обработки информации. Поскольку максимальное входное напряжение PoL-конвертеров обычно не превышает 15...20 В, то непосредствен-

Таблица 1. Технические характеристики DC/DC-конвертеров семейства SupIRBuck

Наименование	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		Выходной ток, А	Частота коммутации, кГц		Функции						
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.		Мин.	Макс.	OCP	OTP	Pre-Bias	Soft Start	Tracking	Pgood	SEQ
IR3800M	2,5	21	0,6	12	12	600		√	√	√	√			
IR3801M	2,5	21	0,6	12	7	600		√	√	√	√			
IR3802M	2,5	21	0,6	12	4	600		√	√	√	√			
IR3800AM	2,5	21	0,6	12	14	300		√	√	√	√			
IR3801AM	2,5	21	0,6	12	9	300		√	√	√	√			
IR3802AM	2,5	21	0,6	12	6	300		√	√	√	√			
IR3810M	2,5	21	0,6	12	12	600		√	√	√	√		√	
IR3811M	2,5	21	0,6	12	7	600		√	√	√	√		√	
IR3812M	2,5	21	0,6	12	4	600		√	√	√	√		√	
IR3820M	2,5	21	0,6	12	12	600		√	√	√	√			√
IR3821M	2,5	21	0,6	12	7	600		√	√	√	√			√
IR3822M	2,5	21	0,6	12	4	600		√	√	√	√			√
IR3820AM	2,5	21	0,6	12	14	300		√	√	√	√			√
IR3821AM	2,5	21	0,6	12	9	300		√	√	√	√			√
IR3822AM	2,5	21	0,6	12	6	300		√	√	√	√			√
IR3830M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	12	250	1500	√	√	√	√		√	
IR3831M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	8	250	1500	√	√	√	√		√	
IR3832M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	4	250	1500	√	√	√	√		√	
IR3840M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	12	250	1500	√	√	√	√			√
IR3841M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	8	250	1500	√	√	√	√			√
IR3842M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	4	250	1500	√	√	√	√			√

Примечание: Наименования, выделенные красным и зеленым цветами обозначают соответственно «скоро» и «новинка».

но на функциональных платах помимо PoL-конверторов используется понижающий DC/DC-конвертор (второй вариант). Причем в этом случае модуль питания может и не содержать понижающих DC/DC-конверторов (как это показано на рисунке).

Заметим, что при использовании в качестве PoL-конвертора импульсного понижающего регулятора, как правило, применяется синхронная схема. Напомним, что в классической схеме импульсного понижающего регулятора в верхнем плече выходного каскада используется транзистор в ключевом режиме, а в нижнем — внешний диод, через который замыкается цепь нагрузки в фазе разряда [1]. В синхронных регуляторах в нижнем плече также используется транзистор, работающий в противофазе с первым. Преимущества синхронных преобразователей применительно к малым выходным напряжениям и большим токам (типичный случай для PoL-конверторов) подробно рассмотрены в [2]. Главное преимущество: при токах нагрузки от 4 до 12 А мощность, рассеиваемая на диоде, от двух до шести раз превосходит мощность, рассеиваемую на транзисторе. Таким образом, применение синхронной схемы положительно сказывается на эффективности конвертора и существенно упрощает решения по отводу тепла.

Семейство SupIRBuck DC/DC-конверторов Point-of-Load компании IR

В широком смысле термин “Point-of-Load” определяет скорее описанный выше способ применения DC/DC-конверторов, а не конкретный класс преобразователей. Однако многие производители выделяют из своей продукции линейки устройств, максимально соответствующие требованиям данных приложений.

Компания IR выпускает следующие компоненты для построения PoL-конверторов:

- Интегрированные модули для DC/DC-конверторов семейства iPowIR;
- Микросхемы импульсных синхронных понижающих DC/DC-конверторы со встроенным ключом семейства SupIRBuck;
- Микросхемы импульсных синхронных ШИМ-контроллеров (для построения DC/DC-конверторов с внешним ключом).

Предметом данной статьи являются микросхемы семейства SupIRBuck.

В таблице 1 представлены микросхемы этого семейства.

Семейство конверторов SupIRBuck включает два поколения приборов:

- **IR381x, IR382x** (анонсированы в ноябре 2007 года) и **IR380x** (выпущены на рынок в мае 2008 года).

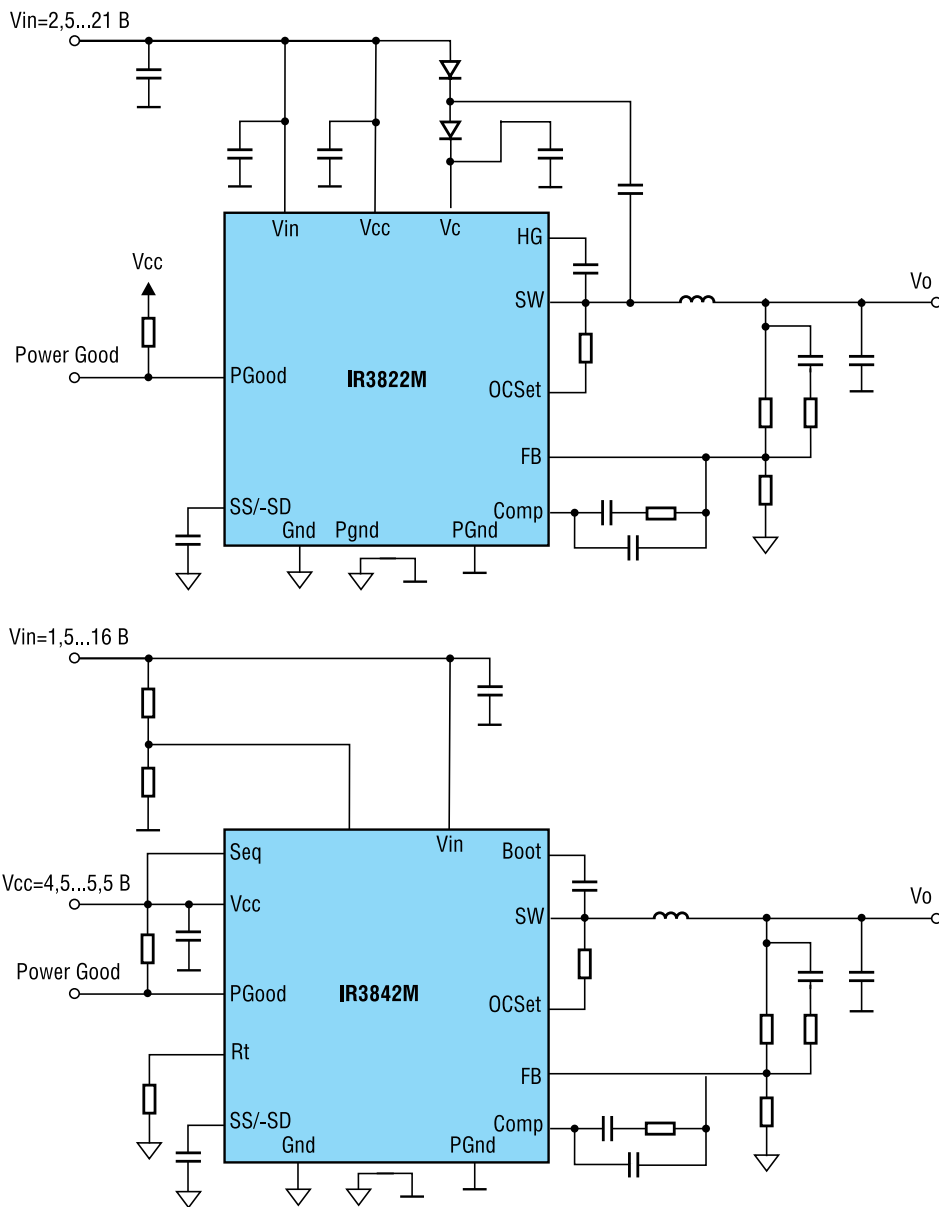


Рис. 4. Типовые схемы включения конверторов IR3822 и IR3842

- Gen2 — линейки **IR383x** и **IR384x**, анонсированные в феврале 2009 года (микросхемы **IR3830** и **IR3832** готовятся к выпуску и уже упоминаются в [3]).

Первое поколение DC/DC-конверторов SupIRBuck

Первое поколение конверторов SupIRBuck позиционировалось для применения в качестве PoL-конверторов напряжения в серверном, телекоммуникационном и промышленном оборудовании с множеством распределенных низковольтных (0,7...5 В) сильноточных (от нескольких А и выше) нагрузок. Примерами таких нагрузок являются высокопроизводительные микропроцессоры, сигнальные и графические процессоры, СБИС FPGA, модули хранения данных и т.д.

Рассмотрим общие свойства трех линеек (IR380x, IR381x и IR382x) этого поколения:

- Микросхемы представляют собой импульсные синхронные понижающие

стабилизаторы напряжения с внутренним силовым Trench MOSFET-транзистором. Величина выходного напряжения регулируется и задается резистивным делителем в цепи обратной связи.

- Микросхемы выпускаются в компактном корпусе PowerQFN размера 5x6 мм. По оценкам специалистов компании IR это позволяет на 70% сократить площадь фрагмента на печатной плате по сравнению с аналогичным вариантом устройства на дискретных компонентах.

• Микросхемы в рамках одной линейки имеют одинаковую цоколевку выводов. Это позволяет при необходимости увеличить ток нагрузки, например, заменить микросхему IR3802M на любую из ряда IR380xM без изменений печатной платы.

- Микросхемы разработаны на диапазон входных напряжений 2,5...21 Вольт и обеспечивают выходное напряжение от 0,6 В.

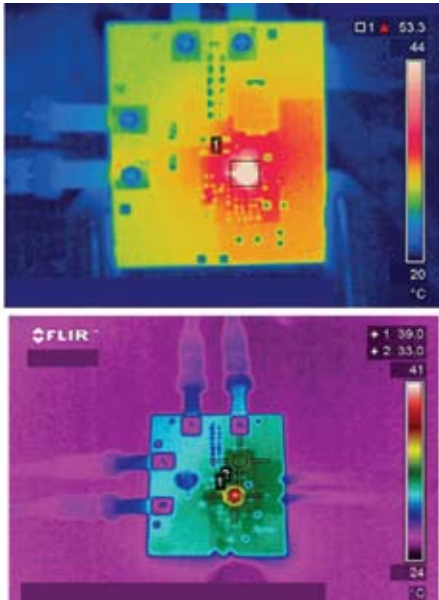


Рис. 5. Тепловизионные фотографии PoL-конверторов IR3822 и IR3842

- Частота коммутации постоянна и равно 600 кГц (для микросхем IR380xM).

- Максимальный выходной ток составляет 4 (для IR38x2M), 7 (для IR38x1M) и 12 А (для IR38x0M). В микросхемах IR380xAM максимальный выходной ток увеличен на 2 А за счет снижения частоты до 300 кГц.

- Микросхемы имеют средства защиты (блокировки) при превышении максимально допустимого тока в нагрузке (OCP) и при перегревании кристалла (OTP).

- В микросхемах реализована функция плавного старта (Soft Start) с возможностью задания его продолжительности.

- В микросхемах реализована возможность монотонного запуска в условиях предварительно смещенной нагрузки (Pre-Bias).

Помимо этого в микросхемах IR381x реализована дополнительная функция следящего управления выходным напряжением (Tracking), а в микросхемах IR382x — функция мониторинга выходного напряжения (PGood). Микросхемы IR38x0 дополнительных функций не имеют.

Второе поколение DC/DC-конверторов SupIRBuck

Как отмечалось выше, второе поколение Gen2 включает две линейки IR383x (с функцией Tracking, как развитие IR381x) и IR384x (с функцией Power Good, как развитие IR382x). Рассмотрим основные отличия микросхем поколения Gen2 от изделий предшествующего поколения:

- Частота коммутации изменяется от 250 до 1500 кГц и задается внешним резистором. Более высокая частота коммутации дает возможность использовать

катушки индуктивности и конденсаторы меньших номиналов и, соответственно, меньших габаритов, что позволяет дополнительно уменьшить площадь, занимаемую конвертором на печатной плате.

- Бутстрепный диод интегрирован в корпус микросхемы (в отличие от конверторов первого поколения), что уменьшает число внешних компонентов и упрощает схему и, как следствие, опять же уменьшает площадь на печатной плате. В качестве примера на рисунке 4 приведены типовые схемы включения микросхемы IR3842 и ее прототипа IR3822. Более ярким цветом выделены элементы, которые отсутствуют при использовании конвертора IR3842.

- Примерно на 2% увеличен коэффициент полезного действия (при прочих равных условиях), что снижает нагрев корпуса микросхемы и позволяет упростить решения по отводу тепла. На рисунке 5 приведены тепловизионные фотографии PoL-конверторов IR3822 и IR3842 при одинаковых режимах работы.

- Величина максимального входного напряжения снижена с 21 до 16 В. Однако более высокий (до 92%) коэффициент заполнения рабочего цикла (Max Duty Cycle) обеспечивает возможность получения более высокого выходного напряжения (14,5 В против 12 у микросхем первого поколения).

- Наличие входов Enable и Sequence позволяет использовать DC/DC-конвертор в системах электропитания со сложной циклограммой включения и отключения нескольких источников питания.

Сервисные функции DC/DC-конверторов SupIRBuck

Рассмотрим кратко сервисные функции конверторов SupIRBuck первого и второго поколений.

Защита от перегрева кристалла (OTP). Все конверторы семейства SupIRBuck имеют встроенные схемы, отключающие нагрузку при нагревании кристалла до температуры выше 140°C. При этом закрываются оба транзистора выходного каскада. Разблокировка происходит при снижении температуры ниже 120°C.

Защита от перегрузки по току (OCP). В конверторах SupIRBuck применено оригинальное схемное решение защиты от токовой перегрузки. В качестве датчика тока не используется токоизмерительный резистор. В конверторах SupIRBuck в этом качестве используется канал MOSFET-транзистора синхронного выпрямителя. Такое решение снижает потери мощности и увеличивает эффективность преобразователя и, кроме того, снижает стоимость конечного решения за счет исключения из схемы токоизмерительного резистора. Токковая защита не является прецизионной, она носит предохранительный характер и срабатывание происходит при 50-процентном превышении тока в нагрузке. Через

некоторое время делается попытка отключить блокировку и вновь провести измерение выходного тока. Если перегрузка все так же будет иметь место, нагрузка вновь будет отключена и через некоторое время будет сделана новая попытка, до тех пор, пока не будет устранена причина перегрузки.

Запуск в условиях предварительно смещенной нагрузки (Pre-Bias). В некоторых схемах во время подачи питания нагрузка может находиться под остаточным напряжением. В этих случаях при включении питания важно обеспечить монотонность возрастающего напряжения и исключить броски тока. Транзистор нижнего плеча (синхронный выпрямитель) работает в противофазе транзистору верхнего плеча (коммутирующему элементу), поэтому при подаче питания выпрямитель будет шунтировать остаточное напряжение на нагрузке через дроссель выходного LC-фильтра. Вследствие этого выходное напряжение будет иметь рывки, что недопустимо. У преобразователей SupIRBuck эта проблема решается блокировкой работы синхронного выпрямителя в период плавного запуска схемы.

Функция плавного старта (Soft Start). Данная функция также реализована во всех контроллерах семейства SupIRBuck. Рост напряжения на выходе схемы не носит резкий характер, а происходит постепенно, что исключает нежелательные броски тока в нагрузку. Продолжительность плавного старта определяется номиналом конденсатора, подключенного ко входу SS/-SD.

Функция мониторинга выходного напряжения (PowerGood). Конверторы IR382x и IR384x оснащены схемой мониторинга напряжения. Выход PowerGood переходит в низкое состояние, если напряжение питания микросхемы станет меньше порогового значения. В противном случае выход PGOOD будет находиться в высокоимпедансном состоянии, сигнализируя о корректности уровня выходного напряжения. Функция PowerGood (а также Tracking и SEQ) могут использоваться для организации упорядоченного запуска нескольких преобразователей в системе электропитания.

Литература

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. — М.: Солон-Пресс, 2005.
2. Бокко Г. Закономерные тенденции синхронного выпрямления. — Современная электроника, №1, 2005.
3. Point-of-Load. Product Selection Guide// материал компании IR, 2009.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: power.vesti@compel.ru