

# Управляемые источники питания мощностью до 2,5 киловатт

Ровно 30 лет назад техническая революция перешла очередной качественный рубеж — на смену жесткой логике управления пришли микропроцессоры, а затем и микроконтроллеры. Будучи встроены в промышленную автоматику, они позволили максимально гибко использовать прежние энергетические и временные ресурсы, многократно увеличивая эффективность традиционных технологий и значительно перекрывая затраты на внедрение автоматизации. С тех пор постоянно растущий спрос на программистов показывает, что все большая и большая нагрузка в новых проектах переносится с аппаратного на программное обеспечение. Очевидна тенденция последнего времени: как программная, так и аппаратная часть стремится к максимальной унификации (конструктивов, интерфейсов и т. п.), в идеале приводя к модульной конструкции. Это требование диктуется скоростью выполнения новой разработки, доминирующей над ценой в высокотехнологичных проектах.

Яблоков Дмитрий

astec@aogamma.spb.su

Промышленные системы автоматического управления и радиопередающие системы, работающие с мощностями более 1 кВт, требуют «чистой» энергии с минимумом высокочастотных пульсаций и стабильностью напряжений лучше 1 %. Незначительная серийность таких изделий, специфичность требований в сочетании с принципиальной сложностью проектирования мощных источников питания также ориентируют системных разработчиков на унифицированные модульные решения. Сегодня эти требования усугубляются необходимостью коррекции коэффициента мощности, повышения КПД и сертификации.

Именно такой современный модульный подход предлагает фирма ASTEC (подразделение Emerson Electric Ltd., США). Наиболее продвинутой в рассматриваемом классе является серия источников VS, охватывающая диапазон мощностей от 800 до 2500 Вт. Серия представляет собой 2 типа «корзин» (табл. 1) на 1500 и 2500 Вт, заполняемых на заводе модулями вторичных источников на любое напряжение из стандартного ряда (табл. 2 и 3).

Все выходы модулей являются гальванически развязанными и могут быть соединены друг с другом последовательно или параллельно. Они имеют развитую систему управления и индикации и позволяют легко сконфигурировать источник под требования любой специфики. Каждый модуль может иметь до 3 выходов, что дает до 12 независимых управляемых напряжений в корзине или, в общей сложности, до 106 всевозможных конфигурируемых комбинаций токов и напряжений.

Рабочая температура окружающей среды для серии VS от  $-10$  до  $+70$  °С. Температура хранения — от  $-55$  °С до  $+85$  °С. Допустимая влажность — 95 %. Нароботка на отказ — до 500 тыс. часов.

## Устройство корзины

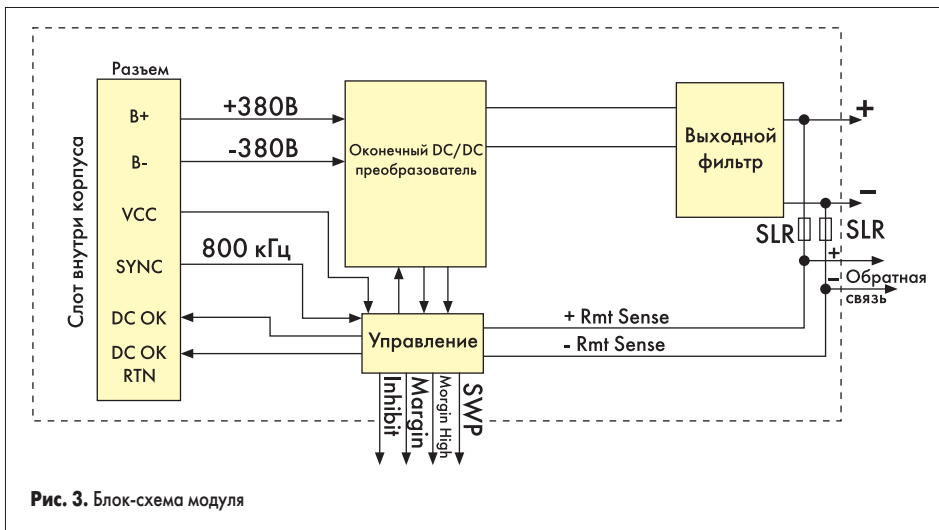
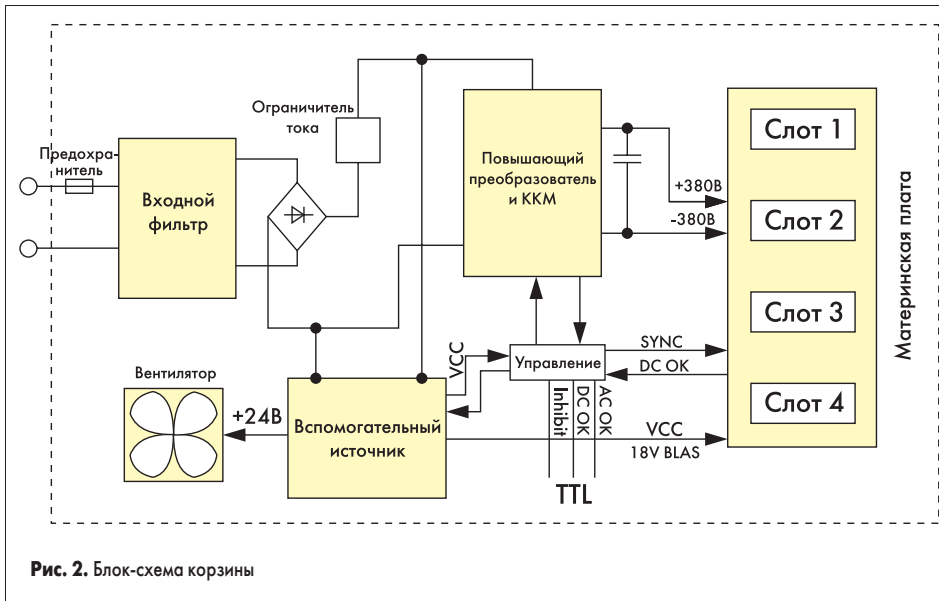
Корзина может быть укомплектована модулями любой мощности, однако суммарная мощность, которую от них можно получить, ограничена габаритной мощностью самой корзины. В корзине размещаются основные силовые цепи и контроллер управления модулями. Ее блок-схема приведена на рис. 2. Переменное напряжение сети 85—264 В (47—440 Гц, 1 Ф), прошедшее через фильтр ЭМП и ограничитель пускового тока, преобразуется в гальванически развязанное +380 В. Это вторичное стабилизированное напряжение разведено на внутренние слоты для питания оконечных модулей и высоко-вольтовый накопительный конденсатор большой емкости (Bulk capacitor). Он способен поддерживать выходную мощность корзины при выпадении более двух полупериодов сети. Время удержания нагрузки (Holdover или Holdup time) имеет типовое значение 40 мс для полной номинальной мощности, и не зависит от предшествующего входного напряжения.

На передней панели корзины расположены: двухцветный светодиодный индикатор напряжения +380 В (Bulk DC OK), сетевой разъем под винт и двухрядный сигнальный разъем, на который выведены TTL-сигналы управления и контроля состояния источника. Все они имеют внутреннюю гальваническую развязку. Вход INHIBIT запрещает работу преобразователя при подаче логической единицы. Эта функция в сочетании с ограничением пускового тока позволяет использовать источник в режиме «горячей замены».

Первичный преобразователь на транзисторах IGBT работает в режиме резонанса, что значительно снижает помехи и удовлетворяет требованиям электромагнитной совместимости стандарта IEC EN55022 часть «В» (для жилых помещений). Активный корректор коэффициента мощности (ККМ) поддерживает его значение на уровне более 0,99 в соответствии со стандартом EN61000-3-2.



Рис. 1. Внешний вид VS3



Средняя рабочая частота преобразователя и ККМ — 100 кГц.

Встроенный дополнительный неотключаемый источник вырабатывает +24 и +5 В для вентилятора и логики управления. Источник выполнен по ШИМ-схеме с рабочей частотой 50 кГц.

**Устройство модулей**

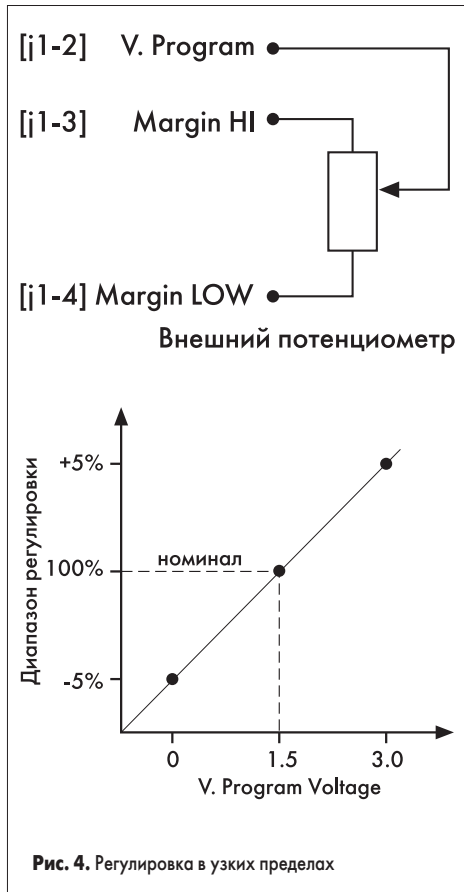
Модули представляют собой изолированные оконечные DC/DC-преобразователи внутренней цепи питания +380 В. Таким образом, выходные напряжения имеют двойную гальваническую развязку от входной сети и друг от друга.

Возможные варианты модулей выбираются исходя из требуемого тока и напряжения из стандартного ряда от 6 до 240 А и от 2 до 48 В (табл. 2 и 3). Любое промежуточное значение напряжения в пределах 10–110 % номинала может быть установлено подстроечными резисторами и программированием по аналоговому входу V.PROGRAM (J1-2). По два модуля может быть соединено последовательно — так можно получить до 100 В на выходе. Для увеличения предельного тока параллельно может быть включено любое количество модулей.

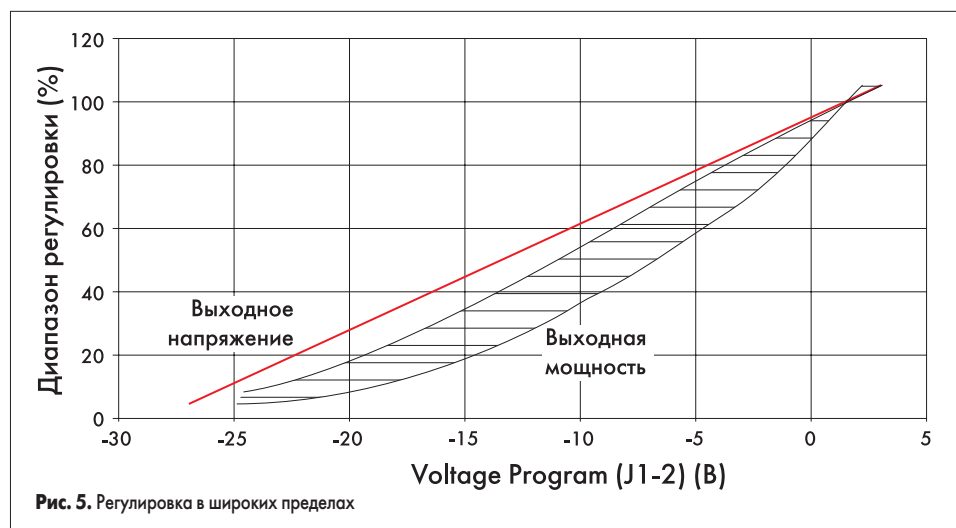
Блок-схема модулей приведена на рис. 3. На их передней панели расположены: двухцвет-

ный светодиодный индикатор DC OK, потенциометры регулировки напряжения и тока срабатывания защиты, выходные разъемы под винт и двухрядный сигнальный разъем, на который выведены TTL-сигналы управления:

- **Логический вход INHIBIT** (гальванически развязан) запрещает работу модуля при подаче логической единицы.
- **Логический выход DC OK**. Логическая единица соответствует нахождению выходного напряжения в заданном диапазоне.



- Аналоговые входы **REMOTE SENSE** (+) отрицательной обратной связи позволяют компенсировать падение напряжения на проводах, будучи присоединены непосредственно в точке подключения нагрузки. При большом расстоянии до нагрузки рекомендуется выполнять это соединение тонкой витой экранированной парой.
- Аналоговый высокоомный выход (вход) **SINGLE WIRE PARALLEL (SWP)** предназначен для активного выравнивания токов при параллельном включении ряда однотипных модулей. Контакты SWP спараллеленных модулей должны быть объединены вместе. При этом на SWP формируется усредненное напряжение, пропорциональное току, отдаваемому в нагрузку каждым модулем. При изменении тока в диапазоне от 0 до 100 % номинала напряжение на SWP меняется прямо пропорционально от 2 до 6 В. Через высокоомный бу-



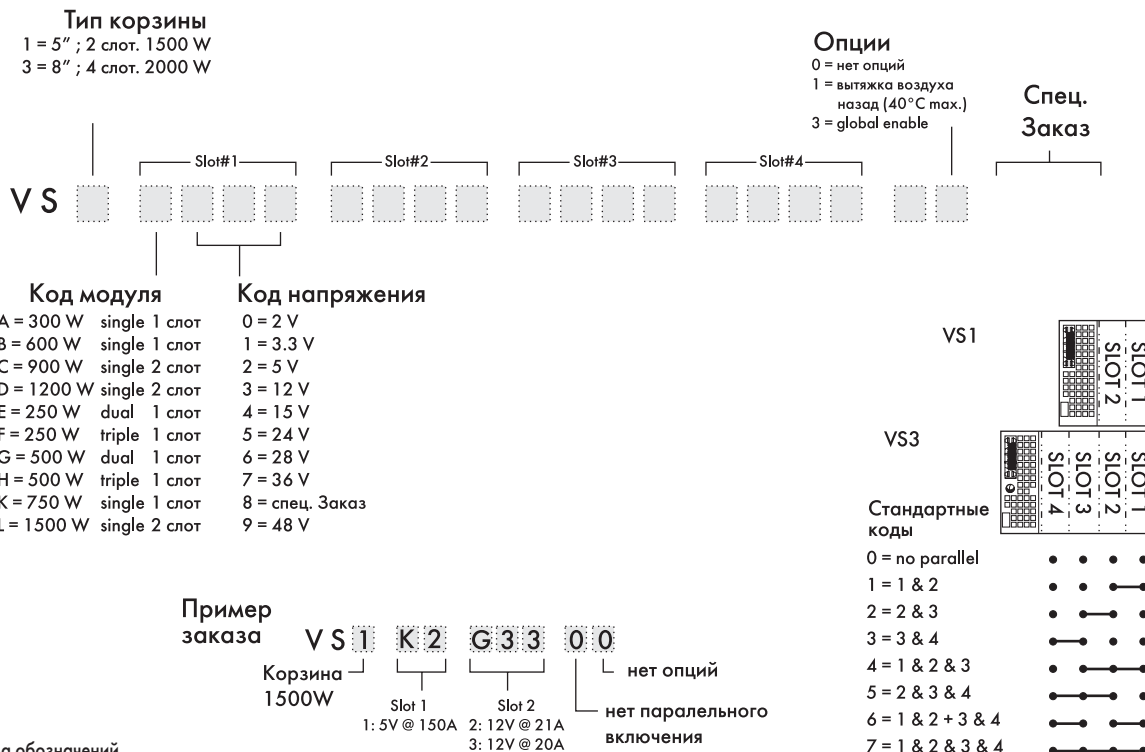


Рис. 6. Система обозначений

фер этот сигнал может быть подан на АЦП для контроля над током нагрузки.

- Аналоговый вход V.PROGRAM дистанционной регулировки напряжения. Небольшая подстройка выхода ±5 % может быть достигнута простым подсоединением внешнего потенциометра между встроенной опорой (+3,0 В) и V.PROGRAM (рис. 4). Изменяя напряжение на входе в более широких пределах (от -25 до +5 В), можно пропорционально изменять выход в пределах от 10 до 110 % номинала (рис. 5). Внутри модуля этот вход уже соединен с высокоомным выходом опорного источника +1,5 В, что соответствует номинальному выходному напряжению (100 %), если контакт V.PROGRAM не используется. Подача напряжения отрицательной обратной связи по току на этот вывод превращает источник напряжения в источник тока.

Преобразователи модулей выполнены по ШИМ-схеме с рабочей частотой 400 кГц (200 кГц для маломощных). Снижению гармонических помех способствует принудительная привязка частоты всех модулей к общей тактовой частоте синхронизации 800 кГц, вырабатываемой корзиной.

Благодаря высокой частоте преобразования модули имеют очень быстрый отклик на динамическое изменение нагрузки. Гарантируется изменение напряжения не более чем на 100 мВ (или 2 %) в течение 100 мкс при бросках тока нагрузки ±25 %.

**Система обозначений**

Модули размещаются начиная с крайнего правого слота № 1 в порядке убывания мощности (или тока, при прочих равных условиях), а записываются в наименовании слева направо в той же последовательности. Свободные слоты закрываются заглушками. Система обозначений серии VS и примеры представлены на рис. 6.

Заказ источников серии VS прост и возможен от 1 устройства, сроки поставки стабильны и составляют 4 недели. Срок гарантии — 3 года. Цены доходят до 0,5 долл. за ватт для серийной продукции, что делает их

конкурентоспособными на отечественном рынке не только по качеству, но и по стоимости.

Более подробная документация доступна на [www.astec.com](http://www.astec.com) и [www.astec-europe.com](http://www.astec-europe.com)

Таблица 1. Типовые корзины

Тип	Мощность, Вт	Размеры, мм	Количество слотов
VS1	1500	280x127x127	2
VS3	2500	280x200x127	4

Таблица 2. Типовые модули. Основной канал

Напряжение		Мощность / Ток							
Номинал, В	Код модуля	300 W	600 W	900 W	1200 W	250 W	500 W	750 W	1500 W
		A	B	C	D	E, F	G, H	K	L
2,0	0	60 A	120 A	180 A	240 A	25 A	50 A	150 A	300 A
3,3	1	60 A	120 A	180 A	240 A	25 A	50 A	150 A	300 A
5,0	2	60 A	120 A	180 A	240 A	25 A	50 A	150 A	300 A
12,0	3	25 A	50 A	75 A	100 A	10,5 A	21 A	62,5 A	125 A
15,0	4	20 A	40 A	60 A	80 A	8,3 A	16,6 A	50 A	100 A
24,0	5	12,5 A	25 A	37,5 A	50 A	5,3 A	10,5 A	31,2 A	62,4 A
28,0	6	10,7 A	21,4 A	32,1 A	42,8 A	4,5 A	9 A	26,7 A	53,4 A
36,0	7	8,3 A	16,6 A	24,9 A	33,2 A	-	-	20,8 A	41,6 A
48,0	8	6,3 A	12,5 A	18,75 A	25 A	-	-	15,6 A	31,2 A

**Примечание:**

- Полный код модуля состоит из буквы, определяющей его мощность; и одной двух или трех цифр, определяющих токи каналов.
- Модули типов C, D и L занимают по 2 слота.
- Модули типов E и G имеют по 2 канала, а модули F и H имеют по 3 канала. В таблице указан ток основного канала.

Таблица 3. Типовые модули. Дополнительные каналы

Напряжение		Мощность / Ток			
Номинал, В	Код модуля	250 W	250 W	500 W	500 W
		E	F	G	H
2,0	0	10 A	5 A	20 A	10 A
3,3	1	10 A	5 A	20 A	10 A
5,0	2	10 A	5 A	20 A	10 A
12,0	3	10 A	5 A	20 A	10 A
15,0	4	10 A	5 A	20 A	10 A
24,0	5	5 A	2,5 A	10 A	5 A
28,0	6	5 A	2,5 A	10 A	5 A