

№3 (115), 2013 г.

Информационно-технический  
журнал

Учредитель – ООО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:  
ПИ № ФС77-43993

**Редактор:**

Геннадий Каневский  
[vesti@compel.ru](mailto:vesti@compel.ru)

**Выпускающий редактор:**

Снежана Холодова

**Редакционная коллегия:**

Андрей Агеноров  
Евгений Звонарев  
Сергей Кривандин  
Александр Маргелов  
Николай Паничкин  
Борис Рудяк

**Дизайн, графика, верстка:**

Елена Георгадзе  
Екатерина Беляева  
Евгений Торочков

**Распространение:**

Снежана Холодова

**Электронная подписка:**  
[www.compeljournal.ru](http://www.compeljournal.ru)

**Отпечатано:**

«Гран При»  
г. Рыбинск

Распространяется бесплатно

Тираж – 1500 экз.  
© «Новости электроники»

**Подписано в печать:**  
14 мая 2013 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ■ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

- Источники питания для промышленной автоматики  
(Mean Well, Chinfa, TDK-Lambda)  
*Сергей Миронов*..... 3
- Для технологических систем и серверов: источники питания большой мощности  
(Mean Well, TDK-Lambda, Power One)  
*Максим Плюсин*..... 9
- Лечебное питание: модульные источники питания для медицинских приложений  
(Mean Well, TDK-Lambda)  
*Александр Калачев*..... 13
- О правильном питании светодиодов: обзор источников питания для различных применений (Аргос, Mean Well, Eaglerise)  
*Сергей Миронов*..... 19
- Лабораторные программируемые источники питания TDK-Lambda – «Что сегодня к столу?»  
*Константин Кузьминов*..... 25
- Химические источники тока на все случаи жизни: литиевые батарейки (EEMB, EVE)  
*Сергей Миронов*..... 32
- Для любого приложения: DC/DC-преобразователи Mean Well, Rescom и Peak  
*Андрей Никитин*..... 38



**TDK-Lambda**



**INVENTRONICS**

## В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ: ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

- Фильтры помех
- Реле и герконы
- Разъемы и кабели

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес [vesti@compel.ru](mailto:vesti@compel.ru) с пометкой «Тема в номер» или в рубрику «Я – автор» раздела «Разработчикам» сайта [www.compel.ru](http://www.compel.ru).

## ОТ РЕДАКТОРА



### Уважаемые читатели!

Большинство из вас, если верить базе подписчиков, хранящейся на редакционном компьютере, являются разработчиками электроники. И, готов поспорить, вне зависимости от того, что именно вы разрабатываете, подавляющее большинство из вас закладывает в свои разработки готовые модули электропитания. (Исключение составляют разве что разработчики устройств с автономным питанием, но и для них в нашем номере журнала есть статья про DC/DC-преобразователи).

Прошли те времена, когда разработчики электроники сами конструировали блоки питания для своих изделий. Рынок готовых предложений насыщен, для каждого требования разработчика, а всего лишь шаг по облегчению его жизни: ты разрабатываешь медицинскую электронику, находящуюся в контакте с пациентом? У тебя — особые требования к параметрам выходного тока и напряжения, а также к электробезопасности? Вот наши готовые решения, специально отобранные для тебя! Выбирай из них, а если у тебя есть особые требования, которые мы не учли — смотри другие разде-

лы нашего каталога. И так — для всех отраслей.

но полупроводникам (1 млрд. 80 млн) и активно потребляемым в обширном российском аэрокосмическом и оборонном секторе электромеханическим компонентам (702 млн.).

При таком обилии предложений закономерно, что производители готовых источников питания идут по пути производителей электроники для потребительского рынка. Если раньше на своих сайтах в Интернете, в проспектах, буклетах и технических брошюрах они классифицировали свою продукцию преимущественно по техническим параметрам, то теперь все чаще наблюдается подход, который я условно назвал бы «Получите готовое решение для своей отрасли!». Это — не недоверие к инженерной смекалке разработчика, а всего лишь шаг по облегчению его жизни: ты разрабатываешь медицинскую электронику, находящуюся в контакте с пациентом? У тебя — особые требования к параметрам выходного тока и напряжения, а также к электробезопасности? Вот наши готовые решения, специально отобранные для тебя! Выбирай из них, а если у тебя есть особые требования, которые мы не учли — смотри другие разде-

лы нашего каталога. И так — для всех отраслей.

Для компании **КОМПЭЛ** рынок модульных источников питания — одна из основных, системообразующих сфер деятельности. 11% российского рынка — это говорит само за себя. Широкая линейка изделий крупнейших игроков рынка источников питания — **Mean Well** и **TDK-Lambda**, дополненная продукцией **Peak**, **RECOM**, **Eaglerise**, **Chinfa**, **Inventronics**, **Aproc** и ряда других производителей — вот то, что мы готовы предложить разработчикам. И этот номер журнала, посвященный источникам питания, мы построили по упомянутому выше принципу «Готовое решение для вашей отрасли».

Выбор — за вами, за нами — поставка образцов, комплектация проекта и снабжение производства.

С уважением,  
Геннадий Каневский

Сергей Миронов (КОМПЭЛ)

## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ



Основные требования к источникам питания для устройств промышленной автоматики – стабильность параметров в широком диапазоне условий эксплуатации, высокая надежность и, в обязательном порядке, электромагнитная совместимость (ЭМС). Этим требованиям удовлетворяют специализированные источники питания для устройств промавтоматики компаний **MeanWell (MW)**, **Chinfa** и **TDK-Lambda**.

Термин «промышленная автоматика» используется для обозначения широкого класса устройств, применяемых для автоматизации технологических процессов и производств – объектов энергетики, промышленных зданий, а также транспортных средств и транспортной инфраструктуры.

Системы промышленной автоматики проектируются таким образом, чтобы обеспечить высокую надежность и безопасность их эксплуатации, иметь достаточно продолжительное время непрерывной работы и максимально возможное значение времени наработки на отказ (MTBF). Важное замечание: MTBF не определяет время работы до первого отказа.

В отличие от бытовой техники, устройства промышленной автоматики должны работать в более широком температурном диапазоне, иметь повышенную устойчивость к вибрации и, в ряде случаев, обладать определенной радиационной стойкостью.

Все перечисленные требования относятся и к источнику питания, как к составной части устройства промышленной автоматики.

Конструктивно устройства промышленной автоматики выполняются в специальных шкафах с широким использованием DIN-реек для установки различного оборудования, поэтому источники питания, применяемые в устройствах промышленной автоматики, в основном, выполняются в корпу-

сах, предназначенных для установки на DIN-рейку. Кроме того, некоторые производители, например MW, выпускают для источников, выполненных в так называемом перфорированном кожухе, целый набор аксессуаров которые позволяют устанавливать эти источники на DIN-рейку.

### Особенности источников питания устройств промышленной автоматики

Можно выделить следующие типы источников питания, применяемых в устройствах промышленной автоматики:

- **АС/DC-преобразователи.** Предназначены для использования в качестве основного источника питания. Могут работать от сети одно- или трехфазного переменного тока, а также от источника постоянного тока с соответствующим диапазоном напряжения (120...370 В).

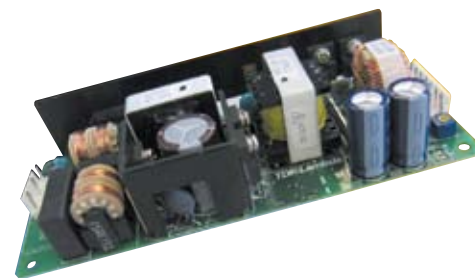
- **Модули резервирования источников питания.** Предназначены для параллельного подключения нескольких источников питания к одной шине с целью повышения общей надежности и увеличения времени непрерывной работы системы. Обеспечивают функцию



а) с установкой на DIN-рейку



б) в кожухе



в) открытый

Рис. 1. Внешний вид источников питания для устройств промышленной автоматики

Таблица 1. Источники питания AC/DC

Наименование	Производитель	Корпус	Мощность, Вт	Диапазон входного напряжения, В	Выходное напряжение, В	Диапазон температуры, °С	Контроль выхода	MTBF, тыс. час.	Прим.	
<u>DLP</u>	TDK-Lambda	DIN-рейка	75; 100; 120; 180; 240	85...264	24	-10...60	—	485	—	
<u>DPP-xx</u>			15; 25; 30; 50; 100	85...264	5; 12; 15; 24; 48	-10...71	—	540	параллельное вкл.	
<u>DPP-xx-1</u>			120; 240; 480	90...264	12; 24; 48	-25...71	+	440	параллельное вкл.; ККМ DPP480	
<u>DPP-xx-3</u>			120; 240; 480; 960	340...575	12; 24; 48	-25...71	+	480	параллельное вкл. (240/480); 3 фазы	
<u>DSP</u>			10; 30; 60; 100	90...264	5; 12; 15; 24	-25...71	—	580	низкий профиль	
<u>HWS</u>		Кожух	300; 600; 1000; 1500	85...265	3,3; 5; 6; 7,5; 12; 15; 24; 36; 48; 60	-10...70	+	170	пожизненная гарантия; ККМ	
<u>HWS/HD</u>			30; 50; 100; 150; 300; 600; 1000; 1500	85...265	3,3; 5; 6; 7,5; 12; 15; 24; 36; 48; 60	-10...71	+	>300 Вт	180	пожизненная гарантия; запуск от -40°С; ККМ
<u>LS</u>			25; 35; 50; 75; 100; 150; 200	88...264	3,3; 5; 12; 15; 24; 36; 48	-25...70	—	900	низкая стоимость	
<u>ZWS/BAF</u>		Открытый	50; 75; 100; 150; 300	85...265	3,3; 5; 12; 15; 24; 48	-10...70	—	220	гарантия 10 лет; ККМ	
<u>ZWS/BP</u>			150; 240	85...265	24; 36; 48	-10...70	—	220	гарантия 10 лет; ККМ; импульсная мощность до 200%	
<u>DR</u>	MW	DIN-рейка	45; 75; 120	88...264	12; 24; 48	-10...60	—	136	—	
<u>DRP</u>			240; 480	88...264	24; 48	-10...70	—	289	ККМ	
<u>MDR</u>			10; 20; 40; 60; 100	85...264	12; 24; 48	-10...60	+	289	ККМ MDR100	
<u>SDR</u>			120; 240; 480; 960	88...264	12; 24; 48	-25...70	+	289	ККМ; параллельное вкл. (индекс P)	
<u>WDR</u>			120; 240; 480	180...550	12; 24; 48	-25...70	+	268	низкий профиль; ККМ; 1/3 фазы	
<u>DRT</u>			240; 480; 960	340...550	24; 48	-20...70	—	114	3 фазы	
<u>TDR</u>			960	340...550	24; 48	-30...70	+	59	ККМ; 3 фазы; низкий профиль	
<u>DRA5/10/18</u>			Chinfa	DIN-рейка	5; 10; 18	90...264	5; 12; 15; 24	-20...70	—	800
<u>DRA100</u>	100	90...264			12; 24; 48	-35...71	—	450		
<u>DRA240/300/480/</u>	240; 300; 480	90...264			24; 48	-40...71	—	400	ККМ; параллельное вкл.	
<u>DRAN30/60</u>	30; 60	85...264			5; 12; 24; 48	-40...71	+	550		
<u>DRAN120</u>	120	90...264			12; 24; 48	-35...71	+	450	ККМ; параллельное вкл.	
<u>WRA</u>	240; 480; 960	340...575			24; 48	-40...71	—	500	параллельное вкл. 3 фазы	

«горячей» замены вышедших из строя блоков питания.

• **Источники питания с функцией UPS, схемой мониторинга состояния и заряда аккумуляторной батареи.** Как правило, подключаются параллельно выходной шине основного источника питания и обеспечивают поддержание необходимого напряжения на шине в слу-

чае отключения сетевого напряжения или выхода из строя основного источника питания, а также обеспечивают заряд аккумулятора.

• **Изолированные DC/DC-преобразователи.** Предназначены для изменения уровня напряжения постоянного тока внутри функциональных модулей или шкафов.

В качестве основных требований к источникам питания для устройств промышленной автоматики выступают: стабильность параметров в широком диапазоне условий эксплуатации, высокая надежность и, в обязательном порядке, электромагнитная совместимость (ЭМС).

В устройствах промышленной автоматики используется широкий класс

различных электронных узлов и блоков, которые требуют и различного напряжения питания, как правило, из стандартного ряда. Чтобы не устанавливать несколько источников питания на различные напряжения, ухудшая тем самым общую электромагнитную обстановку системы, выпускаются многоканальные источники на различные выходные напряжения, в том числе и на биполярное напряжение. Кроме того, выпускаются управляемые источники питания. Управляемые источники требуются там, где, например, по сигналу с некоторого датчика технологического процесса необходимо произвести включение или выключение какого-либо узла или блока. Управление источником осуществляется подачей аналогового напряжения или напряжения логического уровня на соответствующий вход.

Рассматриваемая в данной статье продукция трех основных производителей источников питания (MW, Chinfa, TDK-Lambda) покрывает практически все возможные секторы в сегменте промышленной автоматики и удовлетворяет перечисленным выше требованиям по надежности, безопасности и ЭМС.

**АС/DC-преобразователи**

Изолированные АС/DC-преобразователи являются самым обширным и распространенным классом источников питания, применяемых в устройствах промышленной автоматики, и это понятно, ведь первичная сеть электропитания – АС 220 В/50 Гц. Указанный класс изделий имеется у всех производителей источников питания и характеризуется достаточно большим разнообразием по электрическим и конструктивным параметрам. Основные серии и технические параметры АС/DC-источников питания рассматриваемых производителей приведены в таблице 1 (представлена только часть продукции; полный список смотрите на официальном сайте производителя), а внешний вид – на рисунке 1.

Из таблицы 1 видно, что наибольшим количеством серий источников питания представлен производитель TDK-Lambda, и это на самом деле так. Данный производитель специализируется именно на источниках для промышленного применения, причем очень качественных и надежных. О надежности говорит тот факт, что на часть своей продукции производитель дает либо 10 лет гарантии (серия ZWS), либо пожизненную гарантию (серия HWS). Дополнительной особенностью серии HWS является то, что нагрузку можно подключать по четырехпроводной схеме с компенсацией падения напряжения на проводах; имеется вход удаленного включения/выключения (гальванически изолированный от выхода модуля),

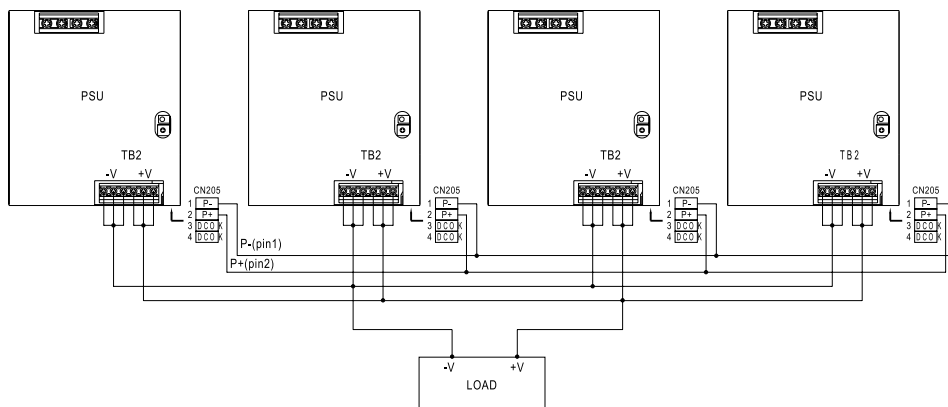


Рис. 2. Параллельное соединение нескольких источников на примере серии TDR-960



Рис. 3. Внешний вид модулей резервирования источников питания

а также возможность подстройки выходного напряжения.

Из указанных в таблице серий следует особенно выделить серию **ZWS/ВР**, которая способна выдерживать двукратные пиковые перегрузки в течение нескольких секунд. Данная серия наилучшим образом подходит для питания различных электродвигателей и выдерживает любую нагрузку, кратковременно потребляющую повышенную мощность. Такой тип нагрузки достаточно широко используется в системах автоматизации. При использовании данных источников питания можно сэкономить на их стоимости. Например, требуется обеспечить питанием двигатель, который продолжительное время работает на мощности не выше 50% от максимального значения, и иногда при свершении какого-либо действия от него требуется полная мощность. Если эту задачу решать стандартным методом, то потребуются источник питания с выходной мощностью, равной полной мощности двигателя, который длительное время будет использоваться только наполовину, но заплатить придется за всю его мощность. Если же использовать серию ZWS/ВР, то можно выбрать источник мощностью в два раза ниже, а, соответственно, и меньшей стоимости.

Серия **LS** характеризуется максимально низкой стоимостью (среди источников в кожухе производства компании TDK-Lambda), хорошим качеством, надежностью и самым высоким значением MTBF. Гарантийный срок на данную серию составляет три года.

Интересный нюанс. Источники с 10-летней и пожизненной гарантией обладают относительно невысоким значением MTBF. Это еще раз подтверждает,

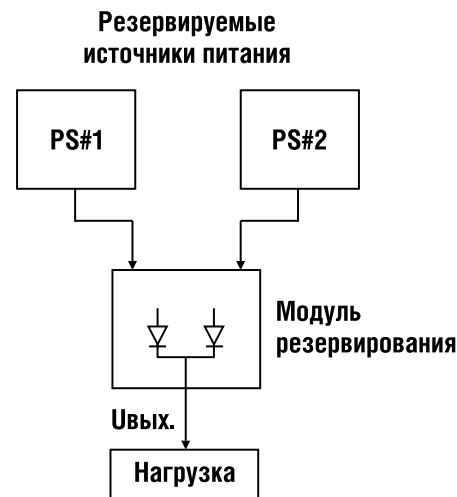


Рис. 4. Схема резервирования источников питания

Таблица 2. Модули резервирования источников питания

Наименование	Кол-во входов	Входное напряжение, В	Входной ток, А (на канал)	Обратное напряжение, В	Релейный контроль	Индикация	Производитель	Температурный диапазон, °С
<b>DR-RDN20</b>	2	21...28	20	30	есть	есть	MW	-40...70
<b>DLP-PU/E</b>	2	21...28	20	35	есть	есть	TDK-Lambda	-10...70
<b>DRP10</b>	2	9...35	10	35	нет	нет	Chinfa	-40...71
<b>DRP20</b>	2	21...28	20	30	есть	есть		-40...71

Таблица 3. Контроллеры для систем бесперебойного питания

Наименование	Напряжение шины, В	Ток нагрузки, А	Емкость аккумулятора, А·ч	«Сухой контакт» DC ok	«Сухой контакт» Bat Fail	«Сухой контакт» Bat. Discharge	Производитель	Температурный диапазон °С
<b>DR-UPS40</b>	24	20	4/7/12	+	+	+	MW	-20...70
<b>DRU30-12</b>	12	30	4/7/12	+	+	+	Chinfa	-40...71
<b>DRU30-24</b>	24	30	4/7/12	+	+	+		-40...71

что MTBF – очень условная расчетная величина, и ориентироваться только на нее при определении срока службы изделия не следует. С другой стороны, читатель может заметить, что гарантия и срок службы – это не одно и то же, тем не менее, на ненадежный источник производитель не будет указывать очень длительный и, тем более, пожизненный срок гарантии.

Изделия производителей MW и Chinfa представлены в основном источниками в корпусе для крепления на DIN-рейку. Особенностью продукции Chinfa по сравнению с продукцией MW является наличие выходных напряжений 5 и 15 В и расширенный диапазон рабочей температуры в области отрицательных значений (до -40°C). По остальным параметрам изделия этих двух производителей очень схожи и находятся в одном ценовом диапазоне.

Все источники, представленные в таблице 1, имеют так называемый универсальный диапазон входного напряжения 90/85...264 В (источник работоспособен во всех существующих электросетях). Имеются источники, – это, как правило, источники повышенной мощности, – для работы только в трехфазных сетях (серии **DRT**, **TDR**, **WRA**, **DPP-xx-3**), а также для работы в трехфазной или однофазной сети (серия **WDR**). Большинство серий ИП имеет активную схему коррекции коэффициента мощности (ККМ). Практически все источники имеют световую индикацию наличия выходного напряжения, а часть источников, в основном – для установки на DIN-рейку, дополнительно имеет так называемый «сухой контакт» для сигнализации о состоянии выходного напряжения. Практически все источники имеют возможность ручной подстройки выходного напряжения в диапазоне -10/0...+15/20% от номинального значения.

При проектировании устройств промышленной автоматики может возникнуть ситуация, когда требуется обеспечить питанием достаточно мощную нагрузку, а источник питания в виде

единого блока на требуемую мощность отсутствует. В таком случае можно использовать параллельное соединение нескольких отдельных источников питания. ИП, позволяющие это сделать, имеют соответствующий переключатель или дополнительные контакты, которые требуется определенным образом соединить между собой (рисунок 2, контакты P+/P- разъема CN205). В этом случае один из источников ставится в режим ведущего, а другие – в режим ведомых. При параллельном соединении имеющийся на источнике переключатель или дополнительные контакты позволяют видоизменить цепь обратной связи.

Важно различать параллельное соединение источников питания с целью увеличения выходного тока (увеличения мощности) и с целью резервирования (повышение надежности системы без увеличения мощности). Данное различие в возможности параллельного соединения является принципиальным. В одном случае действительно увеличивается общая выходная мощность (выходные токи источников питания суммируются), а в другом случае нагрузка всегда питается только от одного источника питания и лишь в случае его выхода из строя автоматически получает питание от другого параллельно подключенного источника. Во втором случае цепь обратной связи в источнике не изменяется, а на выходе источников устанавливаются обычные диоды, которые просто «развязывают» изделия друг от друга при параллельном подключении и позволяют произвести «горячую» замену.

### Модули резервирования источников питания

Для параллельного подключения источников питания, не имеющих встроенных диодов, с целью резервирования (повышения надежности системы) производители выпускают специальные модули резервирования, как правило, в корпусе с креплением на DIN-рейку (таблица 2). Внешний вид модулей приведен на рисунке 3.

Модули резервирования необходимы в устройствах или системах, которые должны непрерывно и бесперебойно работать длительное время. В таких системах возможный выход из строя источника питания приводит к существенным потерям, нарушению технологического цикла или просто недопустим.

Самый простой модуль резервирования содержит внутри себя выпрямительные диоды на соответствующий ток и напряжение, соединенные катодами, к анодам которых подключаются резервируемые источники питания (рисунок 4). В этом случае получается, что диоды, которые могли бы быть установлены внутри источника, вынесены наружу. В такой схеме нагрузка питается от того источника, выходное напряжение которого будет выше, чем у другого источника (из-за разброса значений выходного напряжения) при условии, что падение напряжения на обоих диодах строго одинаковое. Если падение напряжения на диодах различное, то нагрузка будет питаться от того источника, который сможет открыть диод; другой диод, соответственно, будет закрыт. У читателя может возникнуть вопрос: почему диоды не поставят во все источники питания и тем самым обеспечить возможность их параллельного подключения без каких-либо условий и дополнительных модулей, ведь стоимость диода невысока? Ответ заключается в том, что в этом случае не только при параллельном подключении, а постоянно через диод будет протекать ток, а учитывая падение напряжения на диоде (0,5...0,8 В) и достаточно большие токи (до десятков ампер) мы получим существенные потери мощности, которые приведут к значительному снижению КПД источника. Поэтому диоды лучше ставить тогда, когда это действительно необходимо.

В случае выхода из строя по какой-либо причине одного из источников, нагрузка автоматически получит питание от другого источника (открытый и закрытый диод поменяются местами); при работе данные источники питания не

Таблица 4. Основные характеристики и особенности модулей DPX

Параметр	DPX15W	DPX20W	DPX40W	DPX40W-3	DPX60
Uвх, В (рабочий диапазон)	24 (9,5...36) 48 (18...75)	24 (9,5...36) 48 (18...75)	24 (9,5...36) 48 (18...75)	12 (9,5...18) 24 (18...36) 48 (36...75)	24 (9,5...36) 48 (18...75)
Uвых, В	3,3; 5; 5,1; 12; 15; ±5; ±12; ±15	3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15	3,3; 5; 12; 15; ±12; ±15	3,3; ±12; 5; ±12; 3,3; ±15; 5; ±15	3,3; 5; 12; 15
Подстройка Uвых, %	—	±10	±10	заводская установка	±10
Pвых, Вт	15	20	40	40	60
Траб., °С	-40...95	-40...91	-40...87	-40...90	-40...85
MTBF, тыс. час	147	139,3	968,8	1184	957
Количество каналов	1, 2	1, 2	1, 2	3	1
Индикация DC-OK	—	+	+	+	+

оказывают влияния друг на друга, так как «развязаны» диодами. В подобных системах в момент выхода источника питания из строя необходимо сформировать и подать сигнал на контролирующее устройство для того, чтобы оператор смог отследить выход из строя блока и сообщить в сервис-центр о необходимости замены. Замена источника в этом случае производится без отключения системы («горячая» замена). Для того, чтобы сформировать сигнал о выходе источника питания из строя, необходимо, чтобы сам источник питания или модуль резервирования содержали в своем составе схему контроля наличия на выходе/входе напряжения и исполнительное устройство. В качестве исполнительного устройства обычно выступает реле с контактной группой (так называемый «сухой контакт» или электронная схема, формирующая напряжение определенного уровня).

Из таблицы 2 видно, что, если система питается напряжением 24 В, (наиболее распространенное значение напряжения для устройств промышленной автоматики), то без труда можно подобрать резервирующий модуль с необходимым релейным контролем каждого канала и использовать наиболее простые и самые распространенные источники без контроля состояния выходного напряжения. При использовании питающего напряжения значением 12 В резервирующий модуль (из таблицы 2) не обладает контролем состояния напряжения, и при выборе источников питания это следует учесть. Нужно будет выбрать источники, которые уже имеют подобный встроенный контроль. Такие источники можно выбрать, например, среди серии MDR40/60/100 (таблица 1). Необходимо учесть, что мощность источника в этом случае не должна превышать 120 Вт (10 А/12 В).

**Источники питания с функцией UPS, схемой мониторинга состояния и заряда аккумуляторной батареи**

В промышленной автоматике часто встречаются приложения, в которых какое-либо устройство должно быть обеспечено питанием даже в слу-

чае отключения первичной электросети 220 В/50 Гц. В этом случае система должна иметь автономный источник энергии, в качестве которого, как правило, выступает аккумулятор на соответствующую емкость и напряжение. Особенностью аккумулятора является то, что за его состоянием необходимо следить, причем — в автоматическом режиме (без участия оператора). Аккумулятор необходимо всегда поддерживать в заряженном состоянии, не допуская перезаряда, при отключении первичной сети автоматически подключить аккумулятор к нагрузке, обеспечить сигнализацию при его разряде и не допустить его перезаряда. Все эти функции возлагаются на отдельный контроллер состояния аккумулятора или на источник питания, совмещающий в себе функцию источника бесперебойного питания. Подобные устройства имеются у производителей Mean Well и Chinfа (таблица 3). Внешний вид изделий приведен на рисунке 5. Схема бесперебойного питания устройства с использованием ав-

тономного источника энергии приведена на рисунке 6.

Из таблицы 3 видно, что продукция двух рассматриваемых производителей рассчитана на одинаковые по емкости аккумуляторы 4...12 А·ч, но Chinfа выпускает изделия, работоспособные в более широком температурном диапазоне и на два значения напряжения: 12 В и 24 В. Кроме того, контроллеры указанного производителя имеют переключатель, позволяющий установить оптимальное значение зарядного тока в зависимости от емкости используемого аккумулятора (0,5/1/2,5 А). Контроллер производителя MW (**DR-UPS40**) заряжает аккумулятор только током одного значения 2 А, но при этом стоимость данного изделия существенно ниже, чем стоимость контроллера DRU30.

**Изолированные DC/DC-преобразователи**

В системах промышленной автоматки используется разнообразное оборудование, требующее различного на-



Рис. 5. Внешний вид контроллеров для систем бесперебойного питания

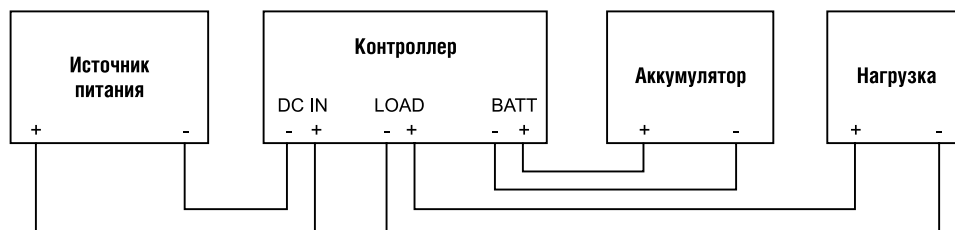


Рис. 6. Схема бесперебойного питания с использованием внешнего аккумулятора



Рис. 7. Внешний вид DC/DC-преобразователя DPX

пряжения питания постоянного тока. Если в шкафу уже установлен AC/DC-преобразователь, подключаемый к сети 220 В/50 Гц, то нет острой необходимости устанавливать второй подобный преобразователь на другое выходное напряжение. В подобной ситуации мож-

но обойтись DC/DC-преобразователем напряжения, имеющим, как правило, меньшую стоимость.

Поскольку в промышленной автоматике используются в основном изделия, устанавливаемые на DIN-рейку, рассмотрим DC/DC-преобразователи именно в этом форм-факторе. Оказывается, такие изделия представлены только у производителя **TDK-Lambda**, и это единственная серия **DPX**, состоящая из одно-, двух- и трехканальных DC/DC-преобразователей мощностью 15...60 Вт с однополярным и биполярным выходом (рисунок 7).

Модули защищены от подачи входного напряжения обратной полярности, от превышения допустимого значения пускового тока, а также — от перегрузок по мощности и напряжению и от коротких замыканий.

На передней панели расположен светодиод индикации нормального значения выходного напряжения (DC good). Модули допускают удаленное управление включением/выключением.

Отличительные характеристики и особенности модулей DPX приведены в таблице 4.

#### Заключение

Используя продукцию рассмотренных производителей — MeanWell, Chinfa и TDK-Lambda — можно обеспечить необходимым напряжением

питания подавляющее большинство устройств промышленной автоматики. Продукция покрывает большой диапазон мощностей (до 1,5 кВт) и позволяет наращивать выходную мощность сверх указанной посредством параллельного соединения источников питания. Для увеличения времени безотказной работы системы имеются специальные модули резервирования источников питания с контролем напряжения и необходимой сигнализацией, а также имеются модули для обеспечения устройств бесперебойным питанием в случае отсутствия напряжения первичной сети.

Качество и надежность продукции рассматриваемых производителей подтверждены соответствующими сертификатами и испытаниями. Продукция компании TDK-Lambda выделяется повышенной надежностью и предназначена в основном для тех приложений, где требуется бескомпромиссное качество в жестких условиях эксплуатации (газовая, нефтяная отрасли, энергетика и др.). Продукция производителей MW и Chinfa характеризуется оптимальным соотношением цена/качество и подходит для всех приложений с умеренными требованиями по надежности. **5**

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка —  
e-mail: [ac-dc-ac.vesti@compel.ru](mailto:ac-dc-ac.vesti@compel.ru)



## Серия WDR на DIN-рейку



- Три семейства мощностью 120/240/480 Вт
- Широкий диапазон входных напряжений 180...550 В переменного тока
- Встроенный активный корректор коэффициента мощности
- Широкий температурный диапазон -25...70°C
- Узкий корпус

Москва  
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2361  
Миронов Сергей  
E-mail: [s.mironov@compel.ru](mailto:s.mironov@compel.ru)

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9403, доб. 4260  
Селезнев Михаил  
E-mail: [sma.spb@compel.ru](mailto:sma.spb@compel.ru)

**Компэл**  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)

Максим Плюснин (г. Санкт-Петербург)

## ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СЕРВЕРОВ: ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ



*Надежное электропитание большой мощности обеспечивают модульные источники питания компаний Mean Well, TDK-Lambda и Power One, поставляемые компанией КОМПЭЛ. Задача этих источников — питание ответственных объектов промышленной автоматизации, центров обработки информации, телекоммуникационного оборудования. В случае недостатка мощности есть возможность параллельного соединения большого количества модулей практически без потерь в эффективности.*

На сегодняшний день разработчику электронной аппаратуры редко приходится прибегать к проектированию источников питания (ИП) для своих изделий. Все основные потребности в источниках вторичного электропитания (ИВЭП) покрывают специализирующиеся на этом производители, причем их огромный опыт, технологическая база и производственные мощности практически не оставляют шансов хоть в чем-то превзойти серийные изделия.

Исключение составляют ИП особого назначения, эксклюзивные параметры которых не востребованы на широком рынке (Например, высоковольтные ИП или источники со сверхмалыми пульсациями, высокостабильные и т.п.).

Как известно, источники вторичного электропитания классифицируются по выходной мощности:

- микромощные источники питания с выходной мощностью до 1 Вт,
- малой мощности (1...10 Вт);
- средней мощности (10...100 Вт);
- повышенной мощности (100...1000 Вт);

- большой мощности (свыше 1000 Вт).

Источники питания большой мощности могут быть необходимы при организации питания систем автоматического управления, телекоммуникационного оборудования, серверов вычислительных центров и др. В целом, область применения ограничивается лишь фантазией разработчика.

В статье будут рассмотрены ИП большой мощности, преобразующие переменное напряжение сети в постоянное напряжение в нагрузке. (т.е. AC/DC-преобразователи).

Рассмотрим, что предлагают нам ведущие производители ИВЭП. Основные сведения о некоторых образцах их продукции сведены в таблицу 1.

Остановимся подробнее на некоторых источниках питания, включенных в таблицу 1, а также отметим особенности серий.

### Mean Well, серия RSP

В таблицу 1 включен только источник мощностью 1 кВт, но в серии есть также модели мощностью 1,5; 2 и даже 3 кВт (рисунки 1, 2).

Преимуществами серии являются:

- широкий рабочий температурный диапазон,
- большой выбор значений выходных напряжений (12, 15, 24, 27, 48 В),
- высокий КПД,
- корректор коэффициента мощности,
- хорошая стабильность выходного напряжения (0,5%),
- низкая цена.

Не обошлось и без недостатков: нет возможности «горячей» замены источника при параллельной работе модулей. А также неизбежно снижение мощности при повышенной температуре окружающей среды и сниженном входном напряжении сети.

### Mean Well, Серия RCP

Основное отличие этой серии (рисунок 3) — конструктивное исполнение модулей, предназначенное для монтажа в 19" стойку, и параллельная работа большого количества модулей — до 9 шт (рисунок 4). В случае использования RCP-2000 можно получить источник, способный отдать в нагрузку более 700 А при 24 В, и более 900 А при 12 В!

Серия RCP позволяет управлять источниками по шине I<sup>2</sup>C. Компания Mean Well выпускает специальные аксессуары для подключения к этой шине: модули контроля и отображения информации с возможностью подключения к ПК (рисунок 5).

Само собой, обе серии, RSP и RCP, оборудованы всеми типами защит, впро-



Рис. 1. Источник питания серии RSP-1000



Рис. 2. Источник питания серии RSP-3000



Рис. 3. Источник питания серии RCP

Таблица 1. Популярные источники питания большой мощности

Параметр	Компания							
	Mean Well				TDK Lambda		Power One	
	RSP-1000	RCP-1000	SE-1000	SPV-1500	TH1200xx	FPS1000W	LPM616	PFE1100
Диапазон входного напряжения, В	90...264 (AC) 127...370 (DC)	90...264 (AC) 127...370 (DC)	90...132 (AC) 180...264 (AC)	90...264 (AC) 127...370 (DC)	90...264 (AC)	85...265 (AC) 120...360 (DC)	85...264 (AC) 120...380 (DC) до 440 Гц	90...264 (AC)
Выходные напряжения, В	12, 15, 24, 27, 48	12, 24, 48	5, 9, 12, 15, 24, 48	12, 24, 48	12, 24, 48	12, 24, 32, 48	2,2...51 (DC)	12
Выходная мощность, Вт	720, 750, 960, 999, 1008	720, 960, 1008	750, 900; 999,6; 998,4; 1000	1500, 1512, 1536	1200, 1250, 1250	864, 960, 992, 1008	1600	1100
Подстройка, %	40...110	90...110	90...110	20...110	90...110	+1 В	да	нет
Плотность мощности Вт/дюйм <sup>3</sup>	10,7	10,7	7,3	8,3	—	—	18	25,6
Параллельная работа	да, (4+1)	да, (8+1)	нет	да, (2+1)	да, до 10 кВт	да, (2+1) до 3 кВт	да	да
«Горячая» замена	нет	да	нет	нет	да	да	нет	да
ККМ/коэф. мощности	есть /0,95	есть /0,96	нет	есть/0,95	есть/0,99	есть/0,98	есть/0,98	есть/0,96
КПД, %	83...90	81	81...89	86,5...90	86...92	81...88	до 86	93,8
Рабочая температура, °С	-20...60	-20...60	-20...60	-40...70	-40...70	0...70	-20...50	0...65
Охлаждение	Встроенное принудительное							
Дополнительно	—	Г <sup>2</sup> С-управление	Ручное переключение 110/220 В	—	Г <sup>2</sup> С-управление	Г <sup>2</sup> С-управление	Набор из 6 модулей с напряжениями 2,2...51 В	Г <sup>2</sup> С-управление, Сертификация 80PLUS Platinum
Габариты (ДхШхВ), мм	295x127x41	295x127x41	278x127x63,5	278x127x83,5	362x102x43	290x127x41	303,7x127x41	321,5x54,5x40



Рис. 4. Шасси для параллельной работы модулей серии RCP



Рис. 5. Модуль контроля и отображения информации RCP-MU

чем, как и все остальные источники производства этой компании.

Конструктивные особенности серий RCP и RSP явно говорят нам, в каких случаях какую серию использовать.

Если стоит задача обеспечить питанием лабораторное оборудование, RSP окажется проще смонтировать: благодаря клеммным колодкам для подключения сети и нагрузки не будет сложностей с

поисками разъемов. А если все оборудование располагается в 19” стойке, и требуется параллельная работа модулей — логичнее применить серию RCP.

**TDK Lambda, серия TH/ТХ**

Компания TDK Lambda предлагает достойную внимания серию источников питания для монтажа в 19” стойку — TH (рисунок 6а), номинальная мощность которой — 1200...2500 Вт. Ключевыми отличиями серии являются экстремальный температурный диапазон -40...70°С и возможность параллельной работы с «горячей» заменой модулей.

Для применений, где требуется еще большая мощность, существует серия ТХ (рисунок 6б), на базе которой возможно создание кластеров из модулей общей мощностью до 22,5 кВт. В остальном эта серия повторяет все преимущества младшей линейки.

**Power One, серия LPM**

Интересную серию ИП представляет компания Power One. LPM616 — набор из шести модульных источников питания в одном корпусе (рисунок 7). Это позволяет гибко сформировать несколько нужных напряжений требуемой мощности в одном устройстве.

Интересной особенностью каждого модуля является возможность широкой подстройки выходного напряжения та-

ким образом, что верхняя граница подстройки «младшего» источника равна нижней границе «старшего». Это позволяет перекрыть все возможные значения напряжений 2,2...51 В с помощью всего четырех типов модулей (см. таблицу 2).

Можно отметить приятную особенность этих модулей — регулировка напряжения возможна даже при установленных в шасси модулях через специальные отверстия под отвертку. Еще одной удобной особенностью является возможность установки ограничения максимального выходного тока каждого модуля. При этом модули одного напряжения можно включить параллельно для увеличения отдаваемой мощности.

К LPM616 выпускается много различных удобных аксессуаров, которые упрощают монтаж и сборку модулей (рисунок 8).

Ключевым моментом при выборе данной серии может стать возможность работать с сетью переменного напряжения 400 Гц. Это востребовано в авиационной и морской технике, где пытаются бороться с лишним весом 50-герцового оборудования.

**Power One, серия PFE**

У компании Power One есть еще одна очень примечательная высокотехнологичная серия источников питания — PFE (рисунок 9). В этой линейке имеются модели **PFE600**, **PFE850** и **PFE1100** мощностью 600, 850 и 1100 Вт соответственно. Предназначение серии — питание высокопроизводительного сетевого и серверного оборудования напряжением 12 В.

**Отличительные особенности серии:**

- КПД выше 90% при нагрузке 25, 50 и 100% Сертификация 80 PLUS Platinum\* Это единственный источник в обзоре, прошедший столь престижную сертификацию.
- Дежурное напряжение, выбираемое пользователем: 3,3 или 5 В, 16,5 Вт.
- Полностью цифровое управление встроенным DSP, включая параллельную работу модулей, управление каскадом ККМ (PFC), вентиляторами.
- Резонансный режим переключения транзисторов
- Синхронный выпрямитель выходного напряжения вместо диодов Шоттки.

\* 80 PLUS — программа по развитию энергоэффективности в компьютерных блоках питания (БП). По ней сертифицируются блоки питания с энергоэффективностью не менее 80% при нагрузке в 20, 50 и 100%, а также с коэффициентом мощности не менее 0,9 при 100% нагрузке. Стандарт быстро получил широкое распространение, на начало 2012 года было сертифицировано около 4000 моделей БП, включая серверные устройства.

Таблица 2. Диапазоны регулировки модулей LPM616

Напряжение заводской установки, u	Диапазон регулировки, В	Максимальный выходной ток, А	Максимальная выходная мощность, Вт
5	2,2...5,2	52	266
12	5,2...15	22	266
24	15...32	11	266
48	32...51	5,5	266



Рис. 6. Серия источников питания TH и TX от TDK Lambda



Рис. 7. Источники питания LPM616: а) вид спереди; б) тыльная сторона

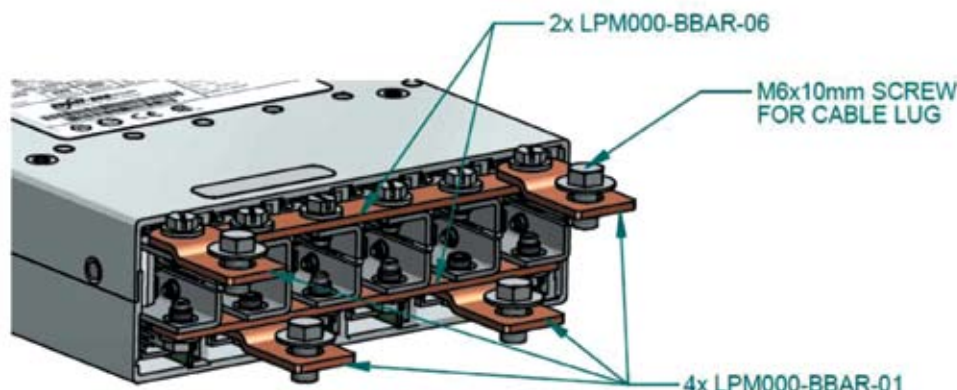


Рис. 8. Результат параллельного соединения шести модулей с помощью фирменных аксессуаров Power One

- Контроль и управление по цифровой шине I<sup>2</sup>C согласно протоколу PSM1 и PMbus.
- Компактные размеры для монтажа в 19" стойку (ширина всего 54 мм).
- Возможность горячей замены при параллельной работе модулей.

Следует отметить чрезвычайно подробную документацию на эту серию: описано абсолютно все, от времени срабатывания защит до зависимости скорости вращения вентилятора от выходного тока источника. Для сравнения:



Рис. 9. Серия PFE производства компании Power One

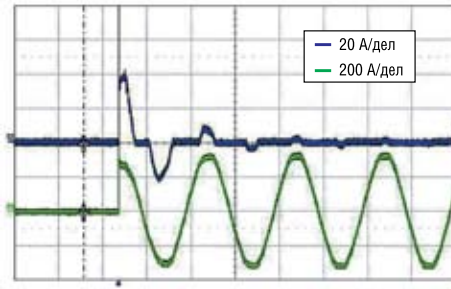


Рис. 10. Пусковой ток PFE1100

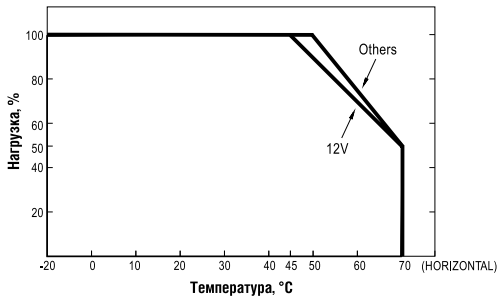
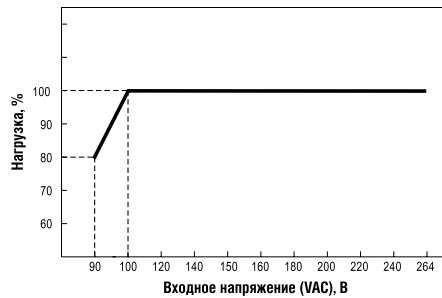


Рис. 11. Снижение мощности для ИП Mean Well SPV-1500: при повышенной температуре (слева); при малой нагрузке (справа)



документация на **PFE1100-12-054xA** — 25 листов, а документация на модуль **SE-1000** компании Mean Well — всего 3 листа. Серия PFE намного сложнее и «умнее» многих других источников питания.

Рассмотрим несколько часто упускаемых из виду параметров, общих для всех источников питания, которые лишь на первый взгляд кажутся несущественными, но иногда их недопонимание или недооценка могут дорого стоить разработчику.

• Пусковой ток. Пренебрежение этим параметром влечет за собой вероятность срабатывания защитного автомата в питающей сети. Перегрузки могут быть весьма значительными, к примеру, номинальный ток питающей сети модуля PFE1100 — около 10 А, а пусковой ток 40 А, и это — несмотря

на все меры, принятые для уменьшения пускового тока в этом источнике. Нужно выбирать кратность срабатывания автомата защиты, учитывая пусковой ток всех устройств на линии (рисунок 10).

• Работа при малой нагрузке (обычно — менее 5% или вовсе отсутствующей). Часто источники питания без нагрузки показывают совсем другие пульсации, уровень шума, уровни индустриальных помех.

• Работа при пониженном напряжении питающей сети. Большинство рассмотренных источников питания способно работать от 90 В входного переменного напряжения, однако обязательно нужно учитывать, что в таком режиме источник уже не сможет отдать в нагрузку свою номинальную мощность (рисунок 11б).

• Работа при повышенной температуре окружающей среды имеет те же последствия, что и при пониженном напряжении сети — необходимо учитывать, что близко к значению предельной температуры воздуха мощность должна быть линейно снижена (рисунок 11а).

— Если воздействуют сразу два фактора, от 1,5 кВт источника можно будет получить лишь 600 Вт мощности.

— На рисунке 11 показаны примеры снижения мощности для ИП Mean Well **SPV-1500**

• Доступность сопутствующих деталей (ответных разъемов, шин и т.д.) Зачастую выбор разработчика определяется не качественными и количественными параметрами ИП, а доступностью устройства и наличием аксессуаров к нему на рынке. Например, разъемы для параллельной работы некоторых источников питания Mean Well купить в России труднее, чем сами источники.

Замечание по поводу плотности мощности: этот параметр характеризует достижения производителя в области миниатюризации и снижения габаритов своих изделий. Т.е., чем он больше, тем компактнее будет устройство той же мощности, но с меньшим показателем плотности. В таблицу 1 попали устройства с плотностью мощности 7,3...25 Вт/дюйм<sup>3</sup>. Но и это не предел. Например, гордостью компании Vicor является значение 120 Вт/дюйм<sup>3</sup> (для DC/DC-преобразователей), хотя превосходство в габаритах не так однозначно: при расчетах Vicor не учитывает объем внешней системы охлаждения.

### Заключение

Несмотря на относительно небольшое количество производителей мощных ИП, они выпускают все необходимое для успешной организации питания самых серьезных объектов промышленной автоматизации, центров обработки информации, телекоммуникационного оборудования. В случае недостатка мощности всегда есть возможность параллельного соединения большого количества модулей практически без потерь в эффективности преобразования энергии. В случае недостатка стандартной линейки напряжений некоторые модели допускают последовательное соединение для увеличения выходного напряжения.

В будущем количество и качество мощных ИП будет только расти. Задача разработчика — сделать правильный выбор.

Семинар и практикум STMicroelectronics + КОМПЭЛ

**«Современные MEMS-датчики; беспроводные решения 433...868 МГц»**

- Датчики положения, ускорения, давления и магнитного поля
- Трансивер SPIRIT1 (433/868 МГц)
- В числе докладчиков - инженеры STM Tarik Souibes и Vladimir Janousek

Москва, 28 мая  
Санкт-Петербург, 29 мая  
Подробности: [www.compel.ru](http://www.compel.ru)

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: [ac-dc-ac.vesti@compel.ru](mailto:ac-dc-ac.vesti@compel.ru)

Александр Калачев (г. Барнаул)

# ЛЕЧЕБНОЕ ПИТАНИЕ: МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ



*Компании Mean Well и TDK-Lambda предлагают широкую линейку модульных источников питания для медицинских приложений, удовлетворяющих всем специфическим стандартам безопасности этой отрасли. А среди «медицинских» модулей TDK-Lambda вообще есть серия HWS с пожизненной гарантией.*

**Т**ребования к источникам питания для медицинских приборов и аппаратов отличаются от требований к источникам питания для промышленных и ИТ-применений. Эти требования касаются и изоляции, и уровня электромагнитных шумов. Двойная изоляция в источниках питания для медицинских применений, предназначенных, например, для работы от сети 220 В переменного тока, должна выдерживать испытание напряжением 4 кВ (действующее значение), тогда как соответствующее значение испытательного напряжения для изделий промышленного применения — только 3 кВ.

Электронное медицинское оборудование должно отвечать требованиям безопасности по стандарту IEC 60601-1, который регламентирует свойства медицинского оборудования, подключенного к сети переменного тока и предназначенного для диагностики, лечения или наблюдения за состоянием пациента. В соответствии с требованиями стандарта, необходимо обеспечить защиту пациента от нежелательных электрических, механических, радиационных и тепловых воздействий. Специальные требования к безопасности медицинских электрических изделий регламентированы международными стандартами.

Параметры электромагнитной совместимости являются одной из важнейших характеристик для медицинских источников питания. Практически все источники питания построены на основе импульсных преобразователей, так как это обеспечивает их высокую экономическую и техническую эффективность. Однако, импульсные преобразователи генерируют электромагнитные помехи и требуют встраивания фильтров для уменьшения уровня помех [1-3].

### Регламентирующие документы

В большинстве стран, включая страны Европы и Северную Америку, действуют стандарты серии IEC 60601. Последняя версия стандарта EN 60601-1 (третья редакция) принята в Европе в 2006 г., в США и Канаде действуют свои версии этого стандарта, учитывающие особенности национальных сетей. В России требования к источникам питания для медицинских приборов регламентировались стандартами ГОСТ Р50267.0-92 «Изделия медицинские электрические. Часть I. Общие требования безопасности» и ГОСТ Р50267.0.2-95 «Изделия медицинские электрические. Часть I. Общие требования безопасности. 2. Электромагнитная совместимость. Требования и методы испытаний». В 2010-м году утвержден и введен в действие ГОСТ Р МЭК 60601-1-2010 «Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности, с учетом основных функциональных характеристик»[2].

Использование этих стандартов подчинено основным требованиям, описанным в третьей редакции, но несколько различным, в зависимости от региона земного шара. С 1 июня 2012 года введена в действие третья редакция стандарта IEC 60601-1:2005, устанавливающая новые требования к безопасности медицинских электрических изделий.

В Европе с 1 июня 2012 года вторая редакция (EN 60601-1/A2:1995) отменяется и все изделия должны сертифицироваться согласно требованиям третьей редакции стандарта EN 60601-1:2006. Это касается как новых изделий, выходящих на рынок, так и изделий, уже имеющихся в продаже. Ситуация в США несколько другая. Датой отмены действия второй редакции (UL60601-1:2003 1st ed.) является 30 июня 2013 года, но, в отличие от Европейского Союза, FDA (Food and Drug Administration — Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов) требует, всего лишь, чтобы новые изделия, выпущенные на рынок после этой даты, сертифицировались по третьей редакции (ANSI/AAMI ES60601-1:2005). В Канаде датой отмены второй редакции (CAN/CSA C22.2 No. 601.1) является 1 июня 2012 года, но, опять же, третья редакция (CSA C22.2 No. 60601-

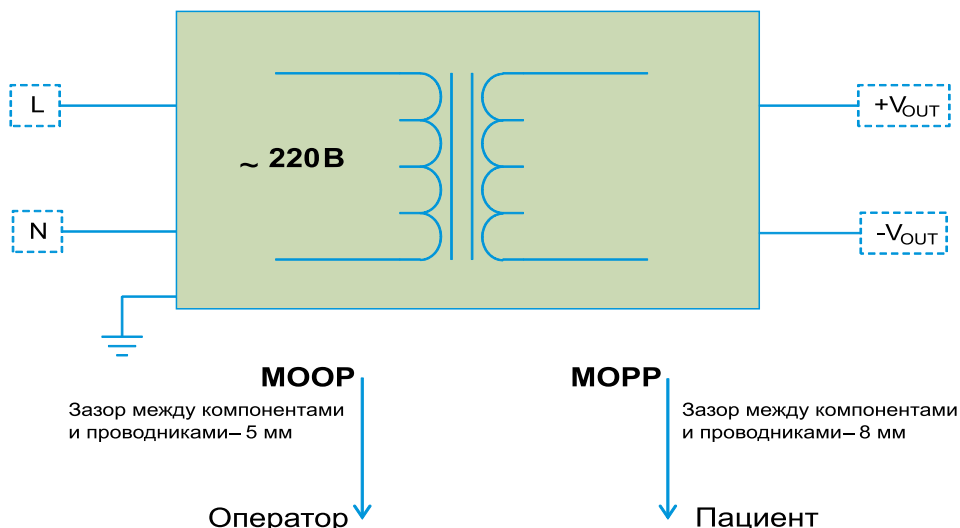


Рис. 1. Сферы защиты оператора медицинского оборудования и пациента

Таблица 1. Типы медицинского оборудования

Тип медицинского оборудования	Пиктограмма	Общая характеристика типа оборудования	Примеры медицинского оборудования
<b>B (Body)</b>		Изделие, обеспечивающее определенную стандартную степень защиты от поражения электрическим током. Протекание электрического тока через тело пациента в диагностических или лечебных целях не предусмотрено.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Автоматизированные дозаторы таблеток;</li> <li>• Автоматизированные кровати;</li> <li>• Светильники в операционных палатах</li> </ul>
<b>BF (Body Floating)</b>		Изделие типа В с изолированной рабочей частью типа F, которая находится в намеренном физическом контакте с телом пациента в диагностических или лечебных целях. Изделие не должно быть соединено с сердцем пациента. Контакт с телом пациента не всегда электрический.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аппараты для гемодиализа;</li> <li>• Электрохирургические аппараты;</li> <li>• Электрохирургические роботы;</li> <li>• Электрокардиографы</li> </ul>
<b>CF (Cardiac Floating)</b>		Изделие типа С с изолированной рабочей частью типа F, которая находится в намеренном физическом контакте с телом пациента в диагностических или лечебных целях. Отличается от изделия типа BF более высокой степенью защиты от поражения электрическим током, в частности, в отношении допустимых токов утечки. Может быть напрямую соединено с сердцем пациента.	
<b>BFD или CFD</b>		Оборудование типа BF или CF с увеличенной защитой	

Таблица 2. Требования по электробезопасности к источникам питания для медицинского оборудования

Тип медицинского оборудования	Электрическая прочность изоляции, кВ АС			Ток утечки на «землю», мкА		Ток утечки на корпус, мкА		Класс защиты электрооборудования
	Вход-выход	Вход-«земля»	Выход-«земля»	Нормальные условия	Единичное нарушение	Нормальные условия	Единичное нарушение	
<b>B (Body)</b>	4	1,5	0,5	300 (500)*	1000	100	300 (500)	Класс I – с заземлением или Класс II – без заземления, двойная изоляция
<b>BF (Body Floating) или CF (Cardiac Floating)</b>	4	1,5	1,5	300 (500)	1000	100	300 (500)	
<b>Дополнительно для CF, BFD или CFD</b>	Ток через тело пациента. Нормальные условия: 10 мкА. Единичное нарушение: 50 мкА.							
<b>BFD или CFD</b>	4	1,5	1,5	300 (500)	1000	100	300 (500)	
	Дополнительно: тестовое испытательное напряжение выход-земля 5 кВ постоянного тока (DC), выход-вход 5 кВ постоянного тока (DC)							

\* В скобках указаны требования европейского стандарта EN 60601-1

1:2008) необходима только для новых изделий, выпущенных на рынок после этой даты [2].

Одно из существенных изменений, которое вводит третья редакция, заключается в том, что изготовители оборудования должны теперь соблюдать процедуру управления рисками, которая является моделью стандарта ISO 14971:2000 «Изделия медицинские. Применение менеджмента рисков к медицинским изделиям» и означает соответствие стандарту на технологический процесс, а также основному стандарту на изделие.

Специально для источников питания третья редакция стандарта проводит различие между защитой оператора медицинского оборудования и пациента по категори-

ям средств защиты оператора (Means of Operator Protection, MOOP) и средств защиты пациента (Means of Patient Protection, MOPP) (рисунок 1). Это разграничение может иметь следствием совсем разные требования к электрической изоляции, зазорам и расстояниям по изоляции для электрических цепей, с которыми операторы и пациенты могут иметь контакт. При этом все оборудование с пониженной защитой оператора должно соответствовать требованиям по зазорам и расстояниям утечки, которые установлены стандартами IEC/EN60950 для информационного и технологического оборудования общего назначения. Напротив, электрическая цепь, которая является частью сферы защиты пациента, должна соответствовать значительно

большому числу существующих требований, которые установлены во второй редакции стандарта IEC 60601-1. Предусмотрены два средства защиты пациента (эквивалентны требованиям второй редакции по показателям расстояния утечки, зазорам и расстояниям по изоляции, требованиям к схеме изоляции и электрической прочности) [2-3].

Независимо от того, выбраны ли средства защиты оператора или пациента, стандарты требуют, чтобы не было превышено значение тока утечки на землю (максимально допустимый ток утечки – 300 мкА). Но данное значение определяется для оборудования в целом, а не только для источника питания. Следовательно, учитывая дополнительный ток утечки в других компо-

Таблица 3. Источники питания MeanWell для медицинских приложений

Количество выходов	Серия	Выходное напряжение, В	Степень защиты	Корпусное исполнение
1	<b>PM-05/10/15/20</b>	3,3/5/12/15/24	MOPP	Закрытый модуль на плату (пластик)
	<b>NFM-05/10/15/20</b>	3,3/5/12/15/24	MOPP	Открытый
	<b>MPS-30/45/65/200</b>	5/12/15/24/27/48	MOPP	Открытый
	<b>RPS-60/75/160/300</b>	5/12/15/24/48	MOPP	Открытый
	<b>MSP-100/200/300</b>		MOOP	В кожухе (металл)
2	<b>MPD-45/65/200</b>	5, 12/5, 24	MOPP	Открытый
	<b>RPD-60/75/160</b>	5, 24	MOPP	Открытый
3	<b>MPT-45/65/200</b>	5, 12, -5/ 5, 12, -12/ 5, 15, -15	MOPP	Открытый
	<b>RPT-60/75/160</b>	5, 12, -5/ 5, 12, -12/ 5, 15, -15	MOPP	Открытый
4	<b>MPQ-200</b>	5, 12, -5, -12/ 5, 24, 12, -12/ 5, 24, 15, -15	MOPP	Открытый

нентах системы, значение тока утечки источника питания должно быть меньше указанных норм.

Медицинское оборудование, согласно стандарту, по степени контакта с телом пациента подразделяется на следующие типы:

- **тип В (Body):** заземленный прибор, контакт с телом пациента в лечебных или профилактических целях не предусмотрен;
- **тип BF (Body Floating):** прибор имеет контакт с пациентом в лечебных, профилактических или диагностических целях, уровень защиты 1 MOPP;
- **тип CF (Cardiac Floating):** прибор имеет контакт с пациентом вплоть до прямого электрического подключения.

Наименования типов, соответствующие пиктограммы, определения на основе текстов ГОСТ Р 50267.0-92 и IEC 60601-1 и примеры медицинского оборудования этих типов приведены в таблице 1 [4]. В зависимости от типа медицинского оборудования стандарты устанавливают требования к следующим параметрам применяемых источников питания: напряжению изоляции, токам утечки и классу защиты от поражения электрическим током. Основные требования к источникам питания медицинского оборудования различных типов представлены в таблице 2

[4]. Следует отметить, что, поскольку сам источник питания непосредственно не имеет контакта с пациентом, на соответствие типам оборудования сертифицируется весь прибор, а не источник питания.

**Источники питания MeanWell**

Mean Well является одним из ведущих и крупнейших производителей источников питания. Номенклатура изделий компании включает более 2000 наименований источников питания AC/DC, конверторов DC/DC и инверторов DC/AC.

Компанией MeanWell для медицинских приборов предлагаются (таблица 3) источники питания в различном конструктивном исполнении [5]:

- в кожухе – **MSP-100**, **MSP-200**, **MSP-300**;
- открытые:
  - с одним выходом – серии **MPS-30**, **MPS-45**, **MPS-65**, **MPS-120**, **MPS-200**;
  - с двумя выходами – серии **MPD-45**, **MPD-65**, **MPD-120**, **MPD-200**, **RPD-60**, **RPD-75**, **RPD-160**;
  - с тремя выходами – **RPT-60**, **RPT-75**, **RPT-160**;
  - с четырьмя выходами – **MPQ-200**;
- в виде закрытого модуля на плату – **PM-05**, **PM-10**, **PM-15**, **PM-20**;

- в виде открытого модуля на плату – **NFM-05**, **NFM-10**, **NFM-15**, **NFM-20**.

Система маркировки источников питания, принятая MeanWell, достаточно проста:

**Серия – выходная мощность – выходное напряжение.**

Так, обозначение **PM-10-12** будет обозначать блок питания серии PM с выходной мощностью 10 Вт и выходным напряжением 12 В.

Серии источников питания в металлическом кожухе – MSP – обладают универсальным входом, способны работать от сети переменного тока с напряжением 85...264 В и от постоянного тока напряжением 120...370 В. Доступны версии с выходной мощностью 100, 200 и 300 Вт.

Источник питания закрытого типа MSP-300 мощностью 300 Вт предназначен для применения в медицинском, химическом и биологическом оборудовании, где требуется низкий ток утечки, а также – для любых систем с низким потреблением мощности при отсутствии нагрузки [6].

MSP-300 характеризуется низким током утечки ( $\leq 300$  мкА при 264 В), что делает его пригодным для использования в оборудовании, не имеющем физического контакта с пациентом. Ис-



Рис. 2. Внешний вид источников питания серии MSP-100



Рис. 3. Внешний вид источников питания MeanWell серий PM и NFM





Рис. 4. Внешний вид источников питания MeanWell серий MPx

точник питания отличается низкой потребляемой мощностью без нагрузки (<0,5 Вт), отвечает требованиям ЭМС класса В, КПД – до 89%. Рабочий диапазон температур источников -40...50°C при полной нагрузке и со снижением мощности при 70°C. Охлаждение осуществляется с помощью встроенного вентилятора.

MSP-300 выдерживает выбросы входного напряжения 300 В переменного тока в течение 5 секунд, что позволяет работать в условиях неустойчивости сетевого напряжения. Источник имеет защиту от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения, перегрева. Имеется встроенная функция работы с обратной связью по напряжению на нагрузке и сигнал наличия выходного напряжения. Источники MSP-300 оснащены встроенным входом дистанционного отключения и выходом дежурного питания 5 В/0,3 А.

**Технические характеристики:**

- высота 1U (41 мм);
- низкий ток утечки ( $\leq 300$  мкА при 264 В);
- универсальный вход переменного тока 85...264 В;
- встроенная коррекция коэффициента мощности ( $\cos\phi > 0,95$ );
- способность выдерживать выброс входного напряжения до 300 В переменного тока в течение 5 секунд;
- высокий КПД (до 89%);
- защита от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения, перегрева;
- встроенная защита по току – непрерывное токоограничение;
- встроенная функция работы с обратной связью по напряжению на нагрузке;
- сигнал наличия выходного напряжения;
- охлаждение с помощью встроенного вентилятора с контролем скорости вращения;
- встроенный дистанционный контроль включения/выключения и резервный выход 5 В/0,3 А;
- потребляемая мощность без нагрузки: <0,5 Вт.

Новая серия источников питания MSP-100 (рисунок 2) расширяет существующую линейку сетевых AC/DC-преобразователей питания MSP-300 и MSP-200 в область меньших мощностей, которая является очень востребованной на растущем рынке источников питания для медицинских устройств [7].

Источник питания MSP-100 отвечает международным требованиям безопас-

ности для медицинского оборудования и требованиям ЕМІ для устройств класса В. Малый ток утечки, сверхмалое потребление энергии на холостом ходу (менее 0,5 Вт), небольшие размеры (высота 38 мм) и гарантия 5 лет позволяют этому преобразователю соответствовать высоким требованиям к источникам питания для медицинского оборудования типа «без контакта с пациентом».

Источники питания серии MSP-100 обладают эффективностью до 90%, имеют встроенный корректор коэффициента мощности (ККМ) и обеспечивают полную нагрузку (100 Вт) при температуре окружающей среды до 40°C при естественном охлаждении, а при повышении окружающей температуры до 60°C допускают нагрузку с некоторым снижением потребляемой мощности. MSP-100 могут выдержать кратковременный скачок входного напряжения до 300 В в течение 5 секунд.

К стандартным функциям новой серии MSP-100 можно отнести дистанционное включение/выключение источника, защиту от короткого замыкания, защиту от повышенной нагрузки (в режиме стабилизации постоянного тока), защиту от превышения напряжения и внутреннего перегрева. Серия MSP-100 соответствует требованиям UL/CUL/CB/CE к медицинскому оборудованию. Также новые источники найдут применение там, где требуется малый ток утечки, в оборудовании для обнаружения и анализа химических и биологических субстанций и в любых других системах, где необходим низкий уровень потребления на холостом ходу.

Таблица 4. Источники питания TDK-Lambda для медицинских приложений

Наименование изделия	Тип изделия	Диапазон мощности, Вт		Тип исполнения	Выходы	Выходное напряжение, В
<b>CFE400M</b>	Источники питания AC/DC для медицинского применения	300 (естественное охлаждение)	400 (кулер)	В кожухе	1	12/24/48
<b>CSS</b>	Источники питания AC/DC для медицинского применения	40	150	Открытый	1	5/12/15/19/24/36/48
<b>DTM</b>	40...110 Вт медицинские AC/DC внешние источники питания – сетевые адаптеры	40	110	Пластиковый корпус	1	12/15/18/24/36/48
<b>EFE-M</b>	AC/DC-источники питания с цифровым управлением	0	530	Открытый	1...3	12/24
<b>HWS ME</b>	Медицинские источники питания с одним выходом 30...1500 Вт	30	1560	Открытый/в кожухе	1	5/12/15/24/36/48
<b>KM</b>	Промышленные источники питания, сертифицированные для медицинских применений	10	40	Для монтажа на плату	1	Источники с одним выходом: 3,3/5/9/12/24 С двумя: 5, -5/5, 12/5, 24/12, -12/15, -15 С тремя: 5, 12, -12/5, 15, -15
<b>MWS65</b>	AC/DC-источники питания	55	67	Открытый	1	5/12/15/24/48
<b>SWS1000L</b>	Низкопрофильные источники питания	600	1056	Металлический корпус	1	3,3/5/12/15/24/36/48/60

### Основные параметры серии MSP-100:

- выходная мощность: 100 Вт;
- выходное напряжение: стандартный ряд значений 3,3...48 В;
- диапазон входного напряжения: 85...264 В (АС);
- активный корректор коэффициента мощности с  $\cos\phi > 0,95$ ;
- электрическая прочность изоляции «вход-выход»: 4000 В;
- ток утечки: 100/300 мкА.

Серия источников питания MSP-100 имеет сертификаты UL/CUL/SV/CE. Данная серия обладает уровнем электромагнитной совместимости класса «В», соответствует требованиям для медицинского применения (уровень МООР), имеет низкие значения тока утечки (менее 300 мкА), а также – малое потребление без нагрузки (менее 0,5 Вт). [7]

Основные области применения источников питания: медицинское оборудование и иные применения, требующие низких значений тока утечки и потребления без нагрузки.

Серии маломощных источников питания PM, NFM (рисунок 3) для установки на плату ориентированы на применение в маломощных приборах, выходная мощность 5...20 Вт, диапазон фиксированных выходных напряжений 3,3...24 В. Способны работать и от постоянного, и от переменного входного напряжения, обеспечивают степень защиты МОРР.

Серия PM выполнена в малогабаритном герметичном пластиковом корпусе (всего 62,85x50x19,7 мм), серия NFM – в виде открытой платы (размеры 81,9x50,8x19,3 мм).

Имеют встроенную защиту от перегрузки с самовосстановлением после ее снятия и защиту от перенапряжения.

Источники питания серий MP\*, RP\* выпускаются в одно-, двух-, трех- и четырехканальных вариантах (рисунок 4). Одно- и двухканальные варианты обеспечивают однополярное питание 5 и 12 В или 5 и 24 В. Трех- и четырехканальные варианты имеют один или два канала с отрицательным выходным напряжением. Модели с мощностью 200 Вт дополнительно имеют выходы индикации нормальной работы, функции удаленного управления (включение/выключение). Токи утечки менее 180 мкА на землю, и менее 100 мкА ток утечки через пациента.

Для законченных приборов с внешним источником питания (в основном это бытовые медицинские приборы – тонометры, ингаляторы и т.п.) MeanWell предлагает серию сетевых адаптеров MES с моделями MES30A, MES30B, MES30C, MES50A. Данная серия выпускается в закрытом пластиковом корпусе, имеет встроенную защи-



Рис. 5. Источники питания TDK-Lambda с пожизненной гарантией серий HWS/ME

ту от перегрева, избыточного напряжения, перегрузки и короткого замыкания. Разнообразие моделей перекрывает диапазон напряжений 3,3...48 В.

### Источники TDK-Lambda

TDK-Lambda – один из крупнейших мировых лидеров в проектировании и производстве источников питания различного назначения: для измерительного и испытательного оборудования, промышленной автоматики, телекоммуникаций, обработки данных и медицинской техники.

Продукция компании соответствует международным требованиям по электромагнитной совместимости и электрической безопасности, что подтверждено сертификатами UL, CSA, TUV, CE. Часть продукции выпускается специально для медицинской техники (таблица 4) и высоконадежных приложений [4,8].

Источники питания серии CSS обладают широким диапазоном рабочих входных напряжений 90...264 В (частота 47...63 Гц), токами утечки менее 250 мкА. Система регулировки выходного напряжения поддерживает выходное напряжение с точностью менее 5% при изменении нагрузки 10...100% от номинальной и при изменении входного напряжения 100...264 В. Напряжение изоляции «вход-выход» 4 кВ, «вход-земля» – 1,5 кВ. Эффективность преобразователей – до 87%, диапазон рабочих температур – 0...70°C.

Модели сетевых адаптеров DTM соответствуют EгP, СЕС и EISA, обладают широким диапазоном входных напряжений, токи утечки – менее 300 мкА.

Источники питания серии EFE-300M оснащены цифровым управлением преобразованием напряжения. Эти источники обладают малыми габаритами, высоким КПД и превосходной удельной мощностью. Пиковая выходная мощность блоков составляет 133% от номинальной. Источники питания серии EFE-300M оснащены микроконтроллером, управляющим выходными параметрами. Это позволяет на 25% сократить количество используемых компонентов в источнике и почти в два раза уменьшить габариты и вес блока. КПД источников серии EFE300M составляет 90%. Изоляция между входом и выходом в блоках КМ составляет 4000 В. Ток утечки на землю – менее 200 мкА. Максимальная пиковая мощность 400 Вт (на период 10 сек). Модель отличается низким шумом и предназначена для применения в медицинском оборудовании [4].

Источники питания серий EFE300M и EFE400M построены на современной элементной базе по резонансной топологии, регулирование осуществляется не по широтно-импульсному принципу, а по частотно-импульсному. В отличие от других ИП управление коммутацией осуществляется не стандартным ШИМ-контроллером, а программируемым микроконтроллером AT90PWM2B компании ATMEL. Применение микроконтроллера позволило уменьшить количество элементов на 25%, увеличить надежность, уменьшить массу и размеры источника питания.

В источниках питания EFE-M использован принцип переключения при нуле напряжения (ZVS – Zero Voltage Switching), что привело к уменьшению



Рис. 6. Источники питания для монтажа на плату серии КМ



Рис. 7. Источники питания в корпусе SWS1000L

потерь мощности на коммутационных ключах и увеличению КПД на несколько процентов.

Возможен заказ источников питания в различных конструктивах: в открытом исполнении, в корпусе, в корпусе со встроенным вентилятором. Необходимо обеспечить обдув источника питания со скоростью 2 м/с, в первом и втором вариантах предусмотрен дополнительный выход 12 В/1 А питания внешнего вентилятора. В модулях со встроенным вентилятором применена схема управления вентилятором с датчиками температуры, в отличие от традиционной для источников питания TDK-Lambda логики управления в зависимости от тока нагрузки. Температурно-зависимая скорость вращения вентилятора позволяет достичь меньшего уровня акустических шумов, особенно в условиях динамического изменения нагрузки, а низкий уровень акустического шума является дополнительным аргументом для применения этих источников питания в оборудовании, размещаемом в палатах, где

пациенты находятся большую часть времени пребывания в стационаре.

Модели EFE-M имеют дистанционное включение/выключение, а версии **EFE400M** — встроенные ORing МОП-транзисторы в диодном включении. Таким образом, эти модули можно включать параллельно для горячего резервирования системы питания.

**HWS** — очень разнообразная серия источников питания [4]. Модули **HWS-P** предназначены для применения в условиях больших кратковременных перегрузок, достигающих 300% номинальной выходной мощности. Изделия серии **HWS/HD** имеют пожизненную гарантию и предназначены для жестких условий эксплуатации. Для применения в медицинской технике предназначена серия **HWS/ME** (рисунок 5) с повышенной электрической прочностью изоляции «вход-выход» и низким током утечки на землю.

Источники питания HWS/ME выпускаются на выходную мощность 30, 50, 100, 150, 300, 600, 1000 и 1500 Вт с вариантами выходного напряжения 5, 12, 15, 24, 36 или 48 В, в зависимости от модели. Модули HWS/ME предназначены для применения в нехирургическом или диагностическом медицинском оборудовании. Одной из отличительных черт данной серии источников питания является т.н. «пожизненная гарантия».

Источники питания для монтажа на плату серии **КМ** (рисунок 6) обладают небольшими габаритными размерами и весом, однако при этом соответствуют требованиям к источникам питания для медицинских приборов, имеют прочность изоляции «вход-выход» 4 кВ. В серии представлены источники питания с одним, двумя и тремя возможными выходными напряжениями при выходных мощностях до 40 Вт.

Источники питания в корпусе **SWS1000L** мощностью 1000 Вт (рисунок 7) выпускаются с выходами 3,3; 5; 12; 15; 24; 24; 36; 48 или 60 В. Модели с выходами 24 и 48 В имеют повышенную нагрузочную способность в пиковом режиме длительностью до 10 с. Модули снабжены удаленной обратной связью, дистанционным включением/выключением, их можно включать параллельно. Встроенный вентилятор отличается низким уровнем акустического шума, что расширяет возможности применения этого мощного и надежного источника питания. Встроенный корректор коэффициента мощности снижает влияние питающей сети на характеристики выходного напряжения и снижает уровень наводимых самим источником помех.

### Заключение

Для современного медицинского оборудования необходимы компактные, эффективные, а главное — безопасные

источники питания. Импульсные источники питания способны вполне удовлетворить потребности рынка. В частности, продукция компаний TDK Lambda и MeanWell перекрывает по мощности и диапазону выходных напряжений широкий спектр возможных применений в медицинских приборах — от стационарных установок до бытовых изделий.

Диапазоны выходных мощностей и напряжений источников питания с несколькими выходными напряжениями позволяют осуществлять питание не только цепей управления и обработки сигналов медицинских приборов, но и исполнительных механизмов различного назначения — от буров стоматолога до помп машин искусственной вентиляции легких и хирургических инструментов.

### Литература

1. Как правильно выбрать источник питания для медицинского оборудования // [http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2011/12/Selection-Guide-Power-supplies-for-medical-equipment\\_rus\\_updated2011-1.pdf](http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2011/12/Selection-Guide-Power-supplies-for-medical-equipment_rus_updated2011-1.pdf).
  2. Питер Блис. Стандарт IEC 60601: переход от второй к третьей редакции. Стандартизация и сертификация. 2012. №4. С. 96-98.
  3. Виктор Жданкин. Некоторые особенности проектирования источников питания для медицинского электрооборудования. // Силовая Электроника, №2'2007.
  4. Сергей Кривандин. В контакте с человеком: источники питания TDK-Lambda для медицинской техники. // Новости электроники. 2011. №1. С.29-32.
  5. Switching Power Supply — Mean Well Switching Power Supply Manufacturer // <http://www.meanwell.com/webnet/search/seriessearch.html>.
  6. Новый источник питания MSP-300 для медицинских применений от Mean Well // <http://www.compel.ru/2012/10/15/novyy-istochnik-pitaniya-msp-300-dlya-meditsinskih-primeneniy-ot-mean-well/>.
  7. MSP-100 — новая серия медицинских источников питания от Mean Well. // <http://www.compel.ru/2013/02/19/msp-100-novaya-seriya-meditsinskih-istochnikov-pitaniya-ot-mean-well/>.
- Медицинские источники питания // [http://tdk-lambda.ru/public/product\\_list\\_thumbs.aspx?cid=0&t1type=application&t2id=19&t2type=medical.5](http://tdk-lambda.ru/public/product_list_thumbs.aspx?cid=0&t1type=application&t2id=19&t2type=medical.5)

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка —  
e-mail: [ac-dc-ac.vesti@compel.ru](mailto:ac-dc-ac.vesti@compel.ru)

Сергей Миронов (КОМПЭЛ)

## О ПРАВИЛЬНОМ ПИТАНИИ СВЕТОДИОДОВ: ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



Перед вами – краткий справочник по выбору модульных источников питания для всех возможных светодиодных применений. Эти модули разработаны известными компаниями **Arcoс**, **Mean Well** и **Eaglerise** и поставляются компанией **КОМПЭЛ**. Полную версию данной статьи можно прочитать в первом номере специализированного приложения «Новости электроники + Светотехника» за 2013 год.

В настоящее время на рынке светодиодного освещения представлен достаточно широкий спектр источников питания разных производителей, причем не только зарубежных, но и российских. Чтобы выпускаемая продукция была конкурентоспособной, производителю светодиодных светильников всегда важно иметь максимально полное представление об имеющихся на рынке компонентах, в том числе – об источниках питания как наиболее ответственной составной части светильника.

Целью данной статьи является обзор как новых и уже серийно выпускаемых источников питания, так и ожидаемых в ближайшее время новинок. При этом необходимо учитывать требования действующей нормативной документации.

Все мы прекрасно понимаем, что выполнить полный охват всего рынка в одной статье практически невозможно. Поэтому ограничимся рассмотрением продукции трех наиболее известных и популярных производителей источников питания для светодиодного освещения: **Mean Well**, **Arcoс** и **Eaglerise**.

По областям применения освещение можно условно разделить на три

большие группы: внутреннее, наружное и освещение в системе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), которое, в свою очередь, также может быть наружным и внутренним. Каждая группа характеризуется некоторыми общими светотехническими, электрическими и конструктивными требованиями, предъявляемыми к светильнику, а, соответственно, и к источнику его питания. Кроме того, с целью большей экономии потребляемой электроэнергии в настоящее время возрастает спрос на управляемые (диммируемые) источники питания, причем во всех сферах применения.

### Внутреннее освещение

Светодиодные светильники, используемые для внутреннего освещения, как правило, потребляют мощность в несколько десятков Вт (20...60 Вт) и, соответственно, источники питания для светильников этого типа должны иметь коррекцию коэффициента мощности (ККМ). Условия эксплуатации в этом случае являются достаточно мягкими (температурный диапазон 0/-10°C ...40/45°C по [1]), повышенной защиты от внешних воздействующих факто-

ров (IP) не требуется. С другой стороны, в этом виде освещения нормируется коэффициент пульсаций освещенности, поэтому необходимо обращать внимание на пульсации тока выбираемого источника.

### Источники питания для освещения помещений с пониженными требованиями к пульсациям освещенности

Новые источники питания для указанного сегмента освещения, которые уже появились на рынке или ожидаются с осени текущего года, представлены, в основном, производителем **Mean Well** (таблица 1, рисунок 1).

Источники выполнены в пластиковых корпусах **IP20/30** с защитой от внешних воздействующих факторов, имеют электрическую прочность изоляции, соответствующую II классу электробезопасности, универсальный диапазон входного напряжения 90...264 В (кроме **PLM-25**) и активную схему коррекции коэффициента мощности с  $\lambda > 0,95$ , выполненную по однокаскадной схеме преобразования.

Серия **PLM-25** пока только анонсирована, ожидается на рынке к осени текущего года, имеет маломерный (Slim) форм-фактор; габаритные размеры составляют 145x38x22 мм. С целью дальнейшего снижения себестоимости в данной модели производитель отказался от универсального входа (90...264 В), но выбрал диапазон входного напряжения, расширенный в области максимального значения. Диапазон входного



Рис. 1. Внешний вид источников питания серий PCD/PLD, PLM, ELP/LS

Таблица 1. Источники питания Eaglerise и Mean Well с пониженными требованиями к пульсациям тока

Наименование	Мощность, Вт	Ток, мА	Кп, %	КМ, λ	КПД, %	Диапазон рабочей температуры, °С	Производитель	Управление
<b>PLD-40/60</b>	40/60	350, 700, 1050, 1400, 1750, 2100, 2400	~20	>0,95	~86	-30...50	Mean Well	нет
<b>PCD-40/60</b>	40/60				~86			TRIAC
<b>PLM-25</b> (ожидается осенью 2013 г)	25	350, 500, 700, 1400	~83	-30...60	нет			

Таблица 2. Источники питания для освещения помещений с жесткими требованиями к пульсациям освещенности

Наименование	Мощность, Вт	Ток, мА	Кп, %	КМ, λ	КПД, %	Диапазон рабочей температуры, °С	Производитель	Управление
<b>LST ИПС30-350Т</b>	30	350	<1	>0,95	~88	-20...50	Аргос	нет
<b>LST ИПС40-700Т (ТР[400-700])</b>	40	700 (400...700)						ручная подстройка
<b>LST ИПС50-350Т (ТР[240-360])</b>	50	350 (240...360)						нет
<b>LST ИПС60-350Т</b>	60	350						ручная подстройка
<b>LST ИПС60-700 ТР[400-700]</b>	60	400...700						нет
<b>ELP040C0350LX</b>	40	350	<0,5	>0,95	~87	-10...50	Eaglerise	нет
<b>ELP040C0500LX</b>	40	500						
<b>ELP040C0700LX</b>	40	700						
<b>ELP060C0700LX</b>	60	700						

напряжения для данной модели составляет 180...295 В. Увеличенное верхнее значение входного напряжения должно повысить надежность источника питания при возможных перенапряжениях в сети.

Представленные в таблице 1 источники питания характеризуются невысокой стоимостью и хорошей надежностью, но обладают пульсациями тока 10...25%. Поэтому источники оптимально подходят для освещения торговых залов, помещений для выполнения зрительной работы средней и малой точности, а также для освещения помещений с временным пребыванием людей.

### Источники питания для освещения помещений с жесткими требованиями к пульсациям освещенности

Для освещения офисов, помещений для выполнения зрительной работы высокой, очень высокой и наивысшей точности успешно применяются источники,

указанные в таблице 2. Общий вид источников приведен на рисунке 2.

Основная особенность источников питания, рассмотренных в таблице 2, заключается в том, что они одновременно и выполняют коррекцию коэффициента мощности, и обладают крайне низким значением пульсаций тока. Выбор источников питания по адекватной стоимости с подобными характеристиками в диапазоне мощности до 50 Вт в настоящее время довольно узок, поэтому можно более подробно рассмотреть представленные модели.

Указанные изделия имеют очень схожие характеристики и практически одинаковую стоимость, но есть в них и отличия. Они заключаются в том, что продукция Аргос обладает I классом защиты от поражения электрическим током, а продукция Eaglerise соответствует II классу защиты и, кроме того, соответствует требованиям, предъявляемым к источнику БСНН. Используя продукцию этого изготовителя в каче-

стве выносного блока питания, можно изготавливать светильники, соответствующие самому высокому – III классу защиты.

Для управления светотехническими изделиями широко используется специально разработанный для этого протокол DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Данный протокол позволяет очень просто установить светильники в управляемую систему и обладает такой гибкостью, что без особых затрат, только программно, можно всегда изменить алгоритм управления отдельными компонентами в этой системе. Достаточно широкая номенклатура элементов для организации системы управления по протоколу DALI представлена компанией Osram. Для светильников, которые смогли бы работать в подобной системе, требуется источник питания, поддерживающий протокол управления DALI.

Компания Mean Well разработала новое семейство источников питания **LCM**, поддерживающих указанный протокол управления. Это серии **LCM-40DA** и **LCM-60DA** (рисунок 3, таблица 3). В рамках этого семейства также будет выпускаться серия источников, управляемых по протоколу 1-10 В и ШИМ (модели без суффикса DA): **LCM-40** и **LCM-60**.

Эти источники позволяют выбрать начальное значение выходного тока с помощью переключки (DIP-переключателя), имеют активную схему коррекции мощности, небольшие пульсации тока (менее 5%) и расширенный в области верхнего значения диапазон входного напряжения 180...295 В; выпускаются в пластиковом корпусе, вы-



Рис. 2. Внешний вид источников для освещения помещений с жесткими требованиями к пульсациям освещенности

Таблица 3. Основные технические характеристики источников питания семейства LCM

Наименование	Мощность, Вт	Ток, мА	Кп, %	КМ, λ	КПД, %	Диапазон рабочей температуры, °С	Производитель	Управление
<b>LCM-40DA</b>	35...42, зависит от значения выходного тока	350, 500, 600, 700, 900, 1050	<5	>0,95	90%	-30...60	Mean Well	DALI
<b>LCM-60DA</b>	45...60, зависит от значения выходного тока	500, 600, 700, 900, 1050, 1400			92%			DALI
<b>LCM-40</b>	35...42, зависит от значения выходного тока	350, 500, 600, 700, 900, 1050			90%			1-10 В; ШИМ
<b>LCM-60</b>	45...60, зависит от значения выходного тока	500, 600, 700, 900, 1050, 1400			92%			1-10 В; ШИМ

полнены по II классу электробезопасности. Источники позволяют подключить внешний термистор (NTC) для дополнительной защиты светодиодов от перегрева при возникновении какой-либо нештатной ситуации. Выбирая номинал термистора в диапазоне 220...470 кОм, можно задать граничную температуру в диапазоне 60...80°С, выше которой ток начнет автоматически снижаться. Данные модели источников имеют дополнительный выход постоянного напряжения 12 В/0,05 А, который может быть задействован для внешнего вентилятора, питания какого-то дополнительного датчика или других целей.

*Если судить по заявленным параметрам, источник обещает быть весьма качественным и с полным функциональным набором, требующимся от изделий подобного рода. Данные источники заказаны на склад КОМПЭЛ и ожидаются в ближайшее время (ориентировочно – конец мая).*

**Источники питания для промышленного освещения**

Для освещения цехов промышленных предприятий, складов или других помещений с достаточно высокими потолками (6...12 м), как правило, используются светодиодные светильники мощностью в диапазоне 60...250 Вт. По электрическим и конструктивным параметрам, для этого сегмента освещения оптимально подойдут новые изделия Mean Well серии **HVG** (рисунок 4, таблица 4). Данные изделия анонсированы и станут доступными для заказа в ближайшее время.

Источники новой серии HVG имеют необычный круглый форм-фактор.

На рынке источников питания в таком конструктиве и на подобную мощность практически нет; можно сказать, это будет первое изделие. С другой стороны, если исходить из внешнего вида светильников, выполненных на традиционных источниках света, то как раз такая форма является наиболее привычной для этого вида светильников (*High Bay*). Серия HVG, ввиду большой мощности, изготавливается в металлическом корпусе с заливкой компаундом по IP65/67. Данные источники обладают повышенной надежностью – предполагается гарантия производителя сроком 5 лет, а срок службы оценивается не менее 40 тыс. часов при температуре корпуса 70°С.

Изделия работоспособны в полном диапазоне входных напряжений 90...305 В. Предполагается иметь в данной серии модели с возможностью димминга. Поскольку указанные источники обладают пульсациями тока менее 5%, то их можно использовать для освещения цехов, где имеется оборудование с вращающимися частями (токарные станки) и где выполняется зрительная работа с наивысшей точностью.

**Надежные источники для наружного освещения**

Светодиодные светильники, используемые для наружного освещения, как правило, потребляют мощность в десятки и сотни Вт (60...300 Вт), и источники питания в этом случае в обязательном порядке должны иметь ККМ. Условия эксплуатации являются достаточно жесткими (температурный диапазон -40/-60...40/45°С [1]), требуется повышенная защита от внешних воздействую-



Рис. 3. Внешний вид источников, управляемых по протоколу DALI: LCM-40(DA)/60(DA)

ющих факторов (IP), но коэффициент пульсаций не нормируется. Поскольку речь идет о больших потребляемых мощностях, то желательно иметь источники с КПД более 90%. К изделиям предъявляются повышенные требования по устойчивости к импульсным помехам повышенной энергии, возникающим, например, при грозовых разрядах. Кроме прочего, изделия должны обладать повышенной надежностью, так как ремонт/замена уличного светильника связана с большими затратами.

Для наружного применения наиболее полно отвечают поставленным требованиям изделия производителя Mean Well серий **HLG**, **HLG/С**, **HVGC** (рисунок 5, таблица 5). О надежности говорит тот факт, что на все представленные модели распространяется гарантия производителя сроком 5 лет.

Источники серии HLG работают в режиме стабилизации напряжения и в режиме стабилизации тока (CC+CV). В режиме стабилизации тока выходной ток источника определяется отношением выходной мощности к выходному на-

Таблица 4. Основные технические характеристики источников серий LPE и HVG

Наименование	Мощность, Вт	Ток, А	Кп, %	КМ, λ	КПД, %	Диапазон рабочей температуры, °С	Производитель	Управление
<b>HVG-100</b>	100	1,6; 2; 2,7; 4	<5	>0,95	91	-40...70	Mean Well	есть с индексом В 1-10 В; ШИМ; R
<b>HVG-160</b>	160	2,6; 3,3; 4,4; 6,5			92			
<b>HVG-240</b>	240	4; 5; 6,7; 10			93			

Таблица 5. Основные технические характеристики источников серий HLG, HLG/C, HVGC

Наименование	Мощность, Вт	Ток, А	КМ, λ	КПД, %	Диапазон рабочей температуры, °С	Диапазон входного напряжения, В	Управление
<b>HLG</b>	60, 80, 100, 120, 150, 185, 240, 320	0,75...22 (U <sub>вых.</sub> макс. = 54 В)	>0,95	91	-40...70	90...305	есть с индексом В 1-10 В; ШИМ; R
<b>HLG/C</b>	60, 80, 120, 185	0,35; 0,7 (U <sub>вых.</sub> макс. = 430 В)		91			
<b>HVGC</b>	100, 150	0,35; 500; 700; 1050; 1400		91		180...528	есть с индексом В 1-10 В; ШИМ; R



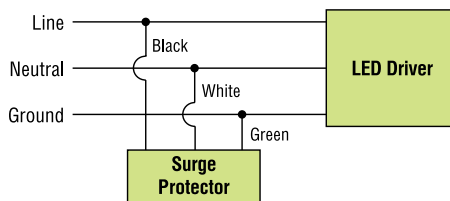
Рис. 4. Внешний вид источников серии HBG



Рис. 5. Внешний вид источников серий HLG и HVGC



Рис. 6. Модуль защиты от импульсов повышенной энергии и схема включения



пряжению. Источники выпускаются на стандартный ряд напряжений 12...54 В. При использовании подобных источников, как правило, требуется параллельное соединение цепочек светодиодов в светильнике. В том случае, если по каким-то причинам это нежелательно, следует рассмотреть серию **HLG/C**. Указанная серия работает только в режиме стабилизации тока и может обеспечить выходное напряжение до 430 В

(ток 350 мА). Но в настоящий момент эта серия выпускается только на токи 350 и 700 мА, и не во всех случаях этого может быть достаточно. Тогда есть смысл обратить внимание на серию **HVGC**. Серия HVGC имеет расширенный ряд выходных токов (до 1400 мА) и, что важно, может работать в трехфазных сетях с подключением как между фазой и землей, так и между двумя фазами – диапазон входного напряже-

ния этой серии составляет 180...528 В. По всем остальным показателям эти серии очень схожи.

Все изделия выпускаются в трех модификациях, различающихся символом в конце наименования: **A, B, D**.

Источники с символом **A** обладают возможностью ручной подстройки выходных параметров (ток, напряжение) и имеют степень защиты IP65, хотя залиты компаундом. Дело в том, что в этом источнике имеется небольшая резиновая заглушка для доступа к подстроечному резистору и только из-за нее производитель снижает степень защиты.

Источники с символом **B** не имеют подобной заглушки, но имеют отдельный вход для диммирования по протоколу 1-10 В, ШИМ-сигналом или изменением сопротивления. В этом случае степень защиты обеспечивается не ниже IP67.

Источники с индексом **D** при производстве программируются по требованию заказчика таким образом, что

Таблица 6. Основные технические характеристики источников питания для применения в ЖКХ

Наименование	Мощность, Вт	Ток, мА	КМ, λ	IP	Диапазон рабочей температуры, °С	Производитель	Управление
<b>EIP016CxxxxLS</b>	16	350, 500, 700, 1050	>0,85	20	-10...50	Eaglerise	нет
<b>PLD-16/25</b>	16, 25	350, 700, 1050, 1400	>0,95	30	-30...60	Mean Well	нет
<b>PCD-16/25</b>							TRIAC
<b>APC-12/16</b>	12, 16, 25	350, 500, 700, 1050	0,6...0,7	30	-30...60		нет
<b>LPF-16(D)/25(D)</b>	16, 25	300...5000	>0,95	67	-40...70		есть с индексом D1-10 В; ШИМ; R

могут осуществлять ступенчатое понижение выходного тока (яркости) в течение некоторого временного интервала. При каждом новом включении источника питания программа повторяется. Это называется «временной димминг». Степень защиты IP67.

В качестве источников питания для светильников наружного освещения с успехом можно применить и рассмотренную ранее серию НВГ (в круглом форм-факторе).



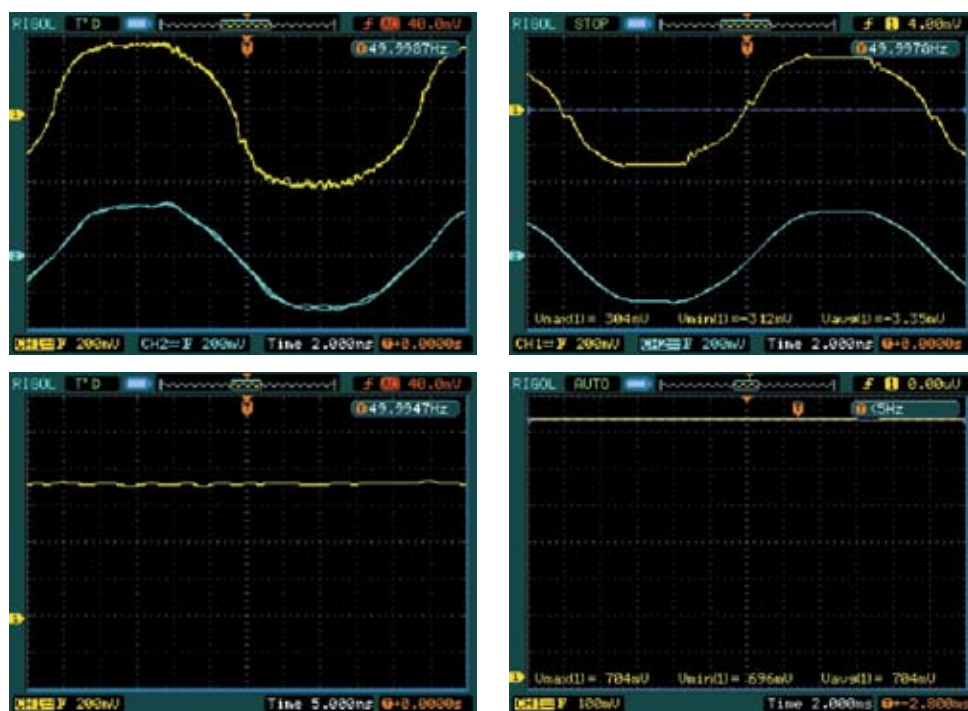
Рис. 7. Внешний вид источников PLD/APC, LPE, EIP/LS



а)

б)

в)



г)

д)

Рис. 8. Типовые осциллограммы форм потребляемого и выходного тока

Рассматриваемые модели источников питания имеют встроенную схему защиты от импульсов повышенной энергии. В том случае, если требуется повышенная надежность от этого вида помех, Mean Well выпускает специальный модуль защиты **SPD-20-240** (рисунок 6). Устройство выдерживает в момент срабатывания (импульсы 8/20 мкс) ток до 20 кА, время срабатывания — не более 25 нс.

### Источники питания для освещения в системе ЖКХ

Светодиодное освещение в системе ЖКХ характеризуется невысокими мощностями: как правило, это единицы или несколько десятков Вт. Ввиду небольших мощностей (условие  $<25$  Вт) можно использовать источники, не имеющие ККМ или с простой пассивной схемой ККМ. Если рассматривается внутреннее освещение лестничных площадок, подъездов, то нет жестких требований к температурному диапазону и степени защиты, также здесь не нормируется коэффициент пульсаций освещенности (кроме помещений для консьержей —  $<20\%$ ). С другой стороны, в этом сегменте очень важным аспектом является низкая стоимость конечного изделия.

Для освещения в системе ЖКХ очень хорошо подходят источники Mean Well и Eaglerise (таблица 6, рисунок 7).

Как видно из таблицы 6, практически для всех применений в системе ЖКХ — имеется в виду внутреннее и наружное освещение — можно подобрать соответствующий источник питания. Все изделия выполнены по II классу защиты, перекрывают широкий диапазон температуры, и есть модели как с управлением, так и без управления.

Можно отдельно выделить серию **APC** как источник по очень низкой стоимости. Указанная серия не обладает ККМ, в диапазоне мощности до 25 Вт это не столь важно, но у этой модели практически отсутствуют пульсации тока.

У производителя Eaglerise имеются изделия серии **EIP**. Серия EIP — это шаг к дальнейшему снижению себестоимости известной серии **ELP**. Снижение себестоимости достигнуто изменением диапазона входного напряжения. Серия ELP имеет универсальный диапазон 90...264 В, который в наших условиях является избыточным. В серии EIP эта избыточность устранена, диапазон составляет 176...264 В и, тем самым, снижена себестоимость.

Характерная особенность рассматриваемого производителя состоит в том, что источники в диапазоне малых мощностей ( $<25$  Вт), имеют, хотя и пассивную, но схему ККМ. Такое отношение к потребителю характеризует производителя с самой положительной стороны.

### Заключение

В настоящее время на рынке можно встретить источники питания, выполненные по одной из пяти схемотехнических реализаций (распределены по возрастанию стоимости):

- а) преобразователь без ККМ;
- б) преобразователь с пассивной схемой ККМ;
- в) однокаскадный преобразователь с активной схемой ККМ;
- г) однокаскадный преобразователь с активной схемой ККМ + каскад сглаживания пульсаций;
- д) двухкаскадный преобразователь с активной схемой ККМ.

Во всех моделях, выполненных по указанным схемам, прослеживается взаимосвязь КМ и пульсаций тока. Нельзя сказать, что одно зависит от другого, просто эта взаимосвязь обусловлена схемотехникой изделия (рисунок 8) (приведены типовые осциллограммы; было исследовано около четырех десятков источников питания разных типов и производителей).

Наиболее массово на рынке распространены две топологии — а) и в). При выборе источника питания следует учитывать нюанс: что мы хотим получить в

конечном изделии — хорошее значение КМ или отсутствие пульсаций? Оперирова указанными схемными решениями (а, в) выполнить одновременно обе задачи нельзя. Выбор следует остановить на каком-то одном параметре. Либо это будет хорошее значение коэффициента мощности, либо — низкие пульсации.

В том случае, если требуется одновременное выполнение условий по КМ и пульсациям (офисное освещение), выбрать следует схему реализации г) или д). Вариант б) является промежуточным: есть ККМ, малые пульсации и низкая стоимость. Но дело в том, что документ [6] указывает требования к каждой гармонике, но не к КМ, а по гармоникам эта схемотехника не отвечает требованиям указанного документа для изделий с потребляемой мощностью более 25 Вт (проблема возникает с 7, 9, 11 и др. гармониками). Поэтому по такой схемотехнике делаются источники питания, как правило, мощностью до 25 Вт. Редко встречаются исключения, когда указанное схемотехническое решение используется и для источников большей мощности (малоизвестные азиатские производители). Косвенно о такой схемной реализации можно судить по значению КМ, в этом случае  $КМ = 0,8...0,85$ .

На рисунке 8 видно, что если в источниках питания применяется активная схема ККМ, то во всех случаях результаты работы этой схемы будут схожи (в, г, д)), и источник будет полностью удовлетворять требованиям документа [2]. Лучший результат по пульсациям оказывается в источнике с двухкаскадной схемой преобразования.

### Литература

1. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
2. ГОСТ Р 51317.3.2.-2006 Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний.



**Источники для управляемых светильников типа «Армстронг»**

Управление по протоколу 1-10 В и по протоколу DALI

Источники питания Mean Well серий: LCM-40, LCM-60, LCM-40DA, LCM-60DA

**Компэл**  
www.compel.ru

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

Константин Кузьминов (г. Санкт-Петербург)

# ЛАБОРАТОРНЫЕ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ TDK-LAMBDA – «ЧТО СЕГОДНЯ К СТОЛУ?»



Специфика **технологической и научной лаборатории** – особые требования, предъявляемые к **модульным источникам питания (ИП)**: они должны представлять собой управляемые части **лабораторно-испытательного комплекса**. Один из лучших производителей такого рода ИП в мире – компания **TDK-lambda**.

– Кушать подано!  
Слуга

**В**се, даже те, кто никогда не ходил в театр, наверняка слышали фразу, взятую эпиграфом для данной статьи. Как правило, на этом маленькая, но великая роль актера заканчивалась, и зритель, обладающий хоть небольшим количеством фантазии, мог самостоятельно поразмышлять: что подано, в каком количестве и т.д. Особенно, если основная сюжетная линия уже давно от него ускользнула.

Однако, при работе с источниками вторичного электропитания (ИВЭП), полагаться на фантазию вряд ли будет даже очень творческий человек. Кроме того, возможностей обычного ИВЭП на сегодняшний день все чаще становится недостаточно.

Что же и как «готовит» программируемый источник питания, в отличие от обычного?

Программируемый источник питания, помимо основной функции выдачи напряжения и тока с высокой точностью, способен заменить часть лабораторно-испытательного комплекса, моделируя различные условия (например, выявить неожиданное поведение устройства, имитируя разряд батарей до определенного уровня, или скачок напряжения из-за внешних негативных явлений). Он может выполнять значительную роль в промышленных и технологических процессах, где на протяжении времени требуется постоянное изменение параметров питания (например, в электролитических процессах, при фьюзинге) или наоборот, гарантированно обеспечивать необходимым постоянным режимом по току или напряжению. И более того – он способен воспринимать внешнее управление, т.е. грамотно реагировать при изменении

каких-либо условий, трудно прогнозируемых в плане очередности возникновения. На рисунке 1 показана одна из множества схем применения – контроль с учетом влияния проводов нагрузки.

Лабораторное же применение вообще безгранично: эталонный источник для отладки блоков питания и проверки измерительных приборов, генератор мощных импульсов напряжения и/или тока. А источник, оснащенный подключением к Ethernet, всегда можно выключить дистанционно, если, уходя с работы, вы забыли это сделать.

Задание режимов (программирование) и мониторинг источника питания осуществляется несколькими способами (в некоторых моделях источников питания **Lambda** доступны опционально):

- использованием встроенного порта связи **RS-232/RS-485**;
- использованием порта USB;
- через интерфейсную шину общего назначения GPIB (в основном, требуется для объединения нескольких модулей для совместной работы);

## TDK-Lambda

- изолированным аналоговым управлением 0...5 В или 0...10 В и 4...20 мА (например, для контроля в случае, когда в режиме стабилизации напряжения на проводах нагрузки имеется существенное падение напряжения или тока);

- через интерфейс LAN (стандарт LXI (LAN eXtensions for Instrument) Class C).

При этом, программируемые источники Lambda могут поддерживать связь между собой, осуществляя совместную, параллельную или последовательную работу, если запрошенный режим превышает возможности одного модуля (серия «Genesys» позволяет интегрировать в систему до 31 ИП).

Разумеется, варианты управления – важная, но не единственная черта подобных источников питания. При выборе оптимальной модели для требуемых задач и для надежной, стабильной работы необходимо учесть следующие параметры:

### Выходные характеристики

- номинальное выходное напряжение;

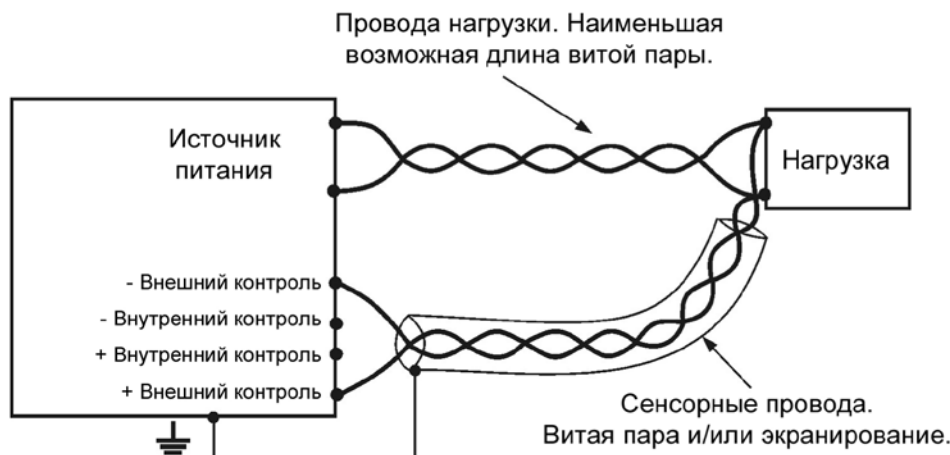


Рис. 1. Режим внешнего контроля, единичная нагрузка

Таблица 1. Характеристики моделей серии "ZUP" мощностью 200 и 400 Вт

Параметры	Модель					
	ZUP6-33	ZUP6-66	ZUP10-20	ZUP10-40	ZUP20-10	ZUP20-20
<b>Выходные характеристики</b>						
Номинальное выходное напряжение, В	6		10		20	
Номинальный выходной ток, А	33	66	20	40	10	20
Номинальная выходная мощность, Вт	198	396	200	400	200	400
<b>Входные характеристики</b>						
Входное напряжение/частота	85...265 В/47...63 Гц, однофазное					
Входной ток (при напряжении 100 В/200 В), А	3,0/1,5	5,6/2,7	2,9/1,4	5,6/2,7	2,9/1,4	5,6/2,7
Коэффициент мощности	0,99 при 100/200 В, номинальная мощность					
КПД (при напряжении 100 В/200 В), %	69/72	74/77	73/77	79/82	74/78	79/83
Пусковой ток (при напряжении 100 В/200 В), А	Для моделей 200 Вт – 15/30 (при холодном старте 25°C). Для моделей 400 Вт – 15					
<b>Режим постоянного напряжения</b>						
Макс. нестабильность при изменении напряжения сети	0,005% от номинального выходного напряжения +1 мВ					
Макс. нестабильность при изменении нагрузки	0,005% от номинального выходного напряжения +2 мВ					
Шум (р-р, 20 МГц), мВ	50					
Пульсация (5 Гц, ~1 МГц, R.M.S), мВ	5					
Температурный коэффициент	30 PPM/С от номинального напряжения после 30 мин прогрева					
Температурный дрейф	0.01% от номинального +2 мВ через 8 часов после 30 мин прогрева					
Время нарастания 0...Vmax, мс	50					
Время спада с полной нагрузкой, мс	50					
Время спада без нагрузки, мс	250		350		400	
Длительность переходного режима, мс	< 1		< 0,5		0,2	
Время удержания ном. напряжения, мс	> 20					
<b>Режим постоянного тока</b>						
Макс. нестабильность при изменении напряжения сети	0,01% от номинального выходного тока +2 мА					
Макс. нестабильность при изменении нагрузки	0,02% от номинального выходного тока +5 мА					
Пульсация (5 Гц, ~1 МГц, R.M.S)	50	100	25	50	15	30
Температурный коэффициент	100 PPM/С от номинального напряжения после 30 мин прогрева					
Температурный дрейф	0,02% от номинального +5 мА через 8 часов после 30 мин прогрева					
Время удержания ном. тока, мс	> 20					
<b>Аналоговые программирование и соединения</b>						
Программирование напряжением Vout и Iout	0...100%, 0...4 В.					
Программирование резистором Vout и Iout	0...100%, 0...4 кОм.					
Управление вкл./выкл.	Эл. напряжение уровня TTL или сухой контакт					
Сигнал «Output Good»	Открытый коллектор					
Параллельная и последовательная работа	параллельный до 5 приборов в режиме «ведущий-ведомый», последовательно до 2 приборов					
<b>Программирование (через RS-232/RS-485 или переднюю панель)</b>						
Точность программирования Vout	0,02% +5 мВ		0,02% +8 мВ		0,02% +12 мВ	
Точность программирования Iout	0,04% +40 мА					
Резолюция программирования Vout	0,028% от полного выходного напряжения					
Резолюция программирования Iout	0,03% от полного выходного тока					

Модель							
ZUP36-6	ZUP36-12	ZUP60-3.5	ZUP60-7	ZUP80-2.5	ZUP80-5	ZUP120-1.8	ZUP120-3.6
<b>Выходные характеристики</b>							
36		60		80		120	
6	12	3,5	7	2,5	5	1,8	3,6
216	432	210	420	200	400	216	432
<b>Входные характеристики</b>							
85...265 В / 47...63 Гц, однофазное							
2,9/1,4	5,6/2,7	2,9/1,4	5,6/2,7	2,6/1,3	4,9/2,4	2,9/1,4	5,3/2,6
0,99 при 100/200 В, номинальная мощность							
76/80	80/84	75/79	80/84	78/82	83/87	78/82	82/86
Для моделей 200 Вт – 15/30 (при холодном старте 25°C). Для моделей 400 Вт – 15							
<b>Режим постоянного напряжения</b>							
0,005% от номинального выходного напряжения +1 мВ				0,005% +2 мВ			
0,005% от номинального выходного напряжения +2 мВ				0,005% +4 мВ			
50		70		80			
5		20					
30 PPM/С от номинального напряжения после 30 мин прогрева							
0,01% от номинального +2 мВ через 8 часов после 30 минпрогрева							
50		100					
50		60		80			
500		750		800		1000	
0,2							
> 20							
<b>Режим постоянного тока</b>							
0,01% от номинального выходного тока +2 мА							
0,02% от номинального выходного тока +5 мА							
7,5	15	5	10	5			
100 PPM/С от номинального напряжения после 30 мин прогрева							
0,02% от номинального +5 мА через 8 часов после 30 мин.прогрева							
> 20							
<b>Аналоговые программирование и соединения</b>							
0...100%, 0...4 В.							
0...100%, 0...4 кОм.							
Эл. напряжение уровня TTL или сухой контакт							
Открытый коллектор							
параллельный до 5 приборов в режиме «ведущий-ведомый», последовательно до 2 приборов							
<b>Программирование (через RS-232/RS-485 или переднюю панель)</b>							
0,02% +26 мВ		0,02% +35 мВ		0,02% +50 мВ		0,02% +80 мВ	
0,04% +40 мА				0,04% +15 мА		0,04% +30 мА	
		0,04% +10 мА		0,04% +20 мА			
0,028% от полного выходного напряжения							
0,03% от полного выходного тока							

Таблица 2. Характеристики моделей серии "ZUP" мощностью 800 Вт

Параметры	Модель				
	ZUP6-132	ZUP10-80	ZUP20-40	ZUP36-24	ZUP60-14
<b>Выходные характеристики</b>					
Номинальное выходное напряжение, В	6	10	20	36	60
Номинальный выходной ток, А	132	80	40	24	14
Номинальная выходная мощность, Вт	792	800	800	864	840
<b>Входные характеристики</b>					
Входное напряжение/частота	85...265 В / 47...63 Гц, однофазное				
Входной ток (при напряжении 100/200 В), А	11,2/5,4				
Коэффициент мощности	0,99 при 100/200 В, номинальная мощность				
КПД (при напряжении 100/200 В), %	74/77	77/81	79/82	80/84	80/84
Пусковой ток (при напряжении 100/200 В), А	30				
<b>Режим постоянного напряжения</b>					
Макс. нестабильность при изменении напряжения сети	0,005% от ном. выходного напряжения +1 мВ				
Макс. нестабильность при изменении нагрузки	0,005% от ном. выходного напряжения +2 мВ				
Шум (р-р, 20 МГц), мВ	110	90	80	70	60
Пульсация (5Гц...1МГц, R.M.S), мВ	8		5		
Температурный коэффициент	30 PPM/°C от ном. напр. после 30 мин прогрева				
Температурный дрейф	0,01% от ном. +2 мВ (через 8 часов, 30 мин прогрев)				
Время нарастания 0...Vmax, мс	50				
Время спада с полной нагрузкой, мс	50				
Время спада без нагрузки, мс	250	350	400	500	750
Длительность переходного режима, мс	< 1	< 0,5	0,2		
Время удержания ном. напряжения, мс	> 20				
<b>Режим постоянного тока</b>					
Макс. нестабильность при изменении напряжения сети	0,01% от номинального выходного тока +5 мА				
Макс. нестабильность при изменении нагрузки	0,07% от номинального выходного тока +10 мА				
Пульсация (5Гц...1МГц, R.M.S)	200	100	60	30	20
Температурный коэффициент	100 PPM/°C от ном. напр. после 30 мин прогрева				
Температурный дрейф	0,05% от ном. +10 мА (через 8 ч, 30 мин прогрева)				
Время удержания ном. тока, мс	> 20				
<b>Аналоговое программирование и соединения</b>					
Программирование напряжением Vout и Iout	0...100%, 0...4 В.				
Программирование резистором Vout и Iout	0...100%, 0...4 кОм.				
Управление вкл./выкл.	Эл. напряжение уровня TTL или сухой контакт				
Сигнал «Output Good»	Открытый коллектор				
Параллельная и последовательная работа	параллельный до 5 приборов в режиме «ведущий-ведомый», последовательно до 2 приборов				
<b>Программирование (через RS-232/RS-485 или переднюю панель)</b>					
Точность программирования Vout	0,02% +5 мВ	0,02% +8 мВ	0,02% +12 мВ	0,02% +26 мВ	0,02% +35 мВ
Точность программирования Iout	0,04% +40 мА				
Резолюция программирования Vout	0,028% от полного выходного напряжения				
Резолюция программирования Iout	0,03% от полного выходного тока				



Рис. 2. Варианты компоновки источников питания серии ZUP



Рис. 3. Варианты исполнения источников питания серии Z+

Таблица 3. Основные параметры программируемых источников питания серии Z+

Наименование	Диапазон регулировки напряжения, В	Диапазон регулировки тока, А	Максимальная мощность, Вт	Пульсации напряжения (@ 5 Гц...1 МГц), мВ	Шум (@ 0...20 МГц), мВ	Пульсации тока (@ 5 Гц...1 МГц), мА	КПД % (100...200 В (АС))	Наличие выходов на передней панели (опционально)
<u>Z10-20</u>	0...10	0...20	200	5	50	50	80/82	Есть
<u>Z10-40</u>	0...10	0...40	400	5	50	50	80/82	Нет
<u>Z10-60</u>	0...10	0...60	600	6,25	75	75	80/82	Нет
<u>Z10-72</u>	0...10	0...72	720	6,25	75	75	80/82	Нет
<u>Z20-10</u>	0...20	0...10	200	5	50	30	82/84	Есть
<u>Z20-20</u>	0...20	0...20	400	5	50	30	81/83	Есть
<u>Z20-30</u>	0...20	0...30	600	6,25	75	45	82/84	Нет
<u>Z20-40</u>	0...20	0...40	800	6,25	75	45	82/84	Нет
<u>Z36-6</u>	0...36	0...6	216	5	50	15	83/85	Есть
<u>Z36-12</u>	0...36	0...12	432	5	50	15	83/85	Есть
<u>Z36-18</u>	0...36	0...18	648	6,25	75	22	84/85	Есть
<u>Z36-24</u>	0...36	0...24	864	6,25	75	22	84/85	Есть
<u>Z60-3,5</u>	0...60	0...3,5	210	5	50	8	83/85	Есть
<u>Z60-7</u>	0...60	0...7	420	5	50	8	83/85	Есть
<u>Z60-10</u>	0...60	0...10	600	6,25	75	12	83/85	Есть
<u>Z60-14</u>	0...60	0...14	840	6,25	75	12	83/85	Есть
<u>Z100-2</u>	0...100	0...2	200	8	80	3	83/85	Нет
<u>Z100-4</u>	0...100	0...4	400	8	80	3	84/86	Нет
<u>Z100-6</u>	0...100	0...6	600	10	100	4,5	84/86	Нет
<u>Z100-8</u>	0...100	0...8	800	10	100	4,5	84/86	Нет

- номинальный выходной ток;
- номинальная выходная мощность;

**Входные характеристики**

- входное напряжение/частота;
- входной ток;
- пусковой ток;
- коэффициент мощности;
- КПД;

**Режим постоянного напряжения**

- максимальная нестабильность при изменении напряжения сети;
- максимальная нестабильность при изменении нагрузки;
- шум и пульсация;
- температурные коэффициент и дрейф;
- наличие коррекции удаленного (проводного) считывания;
- время нарастания, спада и удержания;
- длительность переходного режима;

**Режим постоянного тока**

- максимальная нестабильность при изменении напряжения сети;
- максимальная нестабильность при изменении нагрузки;
- шум и пульсация;
- температурные коэффициент и дрейф;

**Программирование и мониторинг**

- точность и резолуция программирования;
- возможность программирования переменным резистором;

Таблица 4. Модели программируемых источников питания серии Genesys 1U Half rack

Наименование	Параметры		
	Вых. напряжение, В	Вых. ток, А	Вых. мощность, кВт
<u>GEN6-100</u>	0...6	0...100	600
<u>GEN8-90</u>	0...8	0...90	720
<u>GEN12.5-60</u>	0...12,5	0...60	750
<u>GEN20-38</u>	0...20	0...38	760
<u>GEN30-25</u>	0...30	0...25	750
<u>GEN40-19</u>	0...40	0...19	760
<u>GEN60-12.5</u>	0...60	0...12,5	750
<u>GEN80-9.5</u>	0...80	0...9,5	760
<u>GEN100-7.5</u>	0...100	0...7,5	750
<u>GEN150-5</u>	0...150	0...5	750
<u>GEN300-2.5</u>	0...300	0...2,5	750
<u>GEN600-1.3</u>	0...600	0...1,3	780

Таблица 5. Модели программируемых источников питания серии Genesys 1U (ряда 1,5 кВт)

Наименование	Параметры		
	Вых. напряжение, В	Вых. ток, А	Вых. мощность, кВт
<u>GEN6-200</u>	0...6	0...200	1,2
<u>GEN8-180</u>	0...8	0...180	1,44
<u>GEN12.5-120</u>	0...12,5	0...120	1,5
<u>GEN20-76</u>	0...20	0...76	1,52
<u>GEN30-50</u>	0...30	0...50	1,5
<u>GEN40-38</u>	0...40	0...38	1,52
<u>GEN50-30</u>	0...50	0...30	1,5
<u>GEN60-25</u>	0...60	0...25	1,5
<u>GEN80-19</u>	0...80	0...19	1,52
<u>GEN100-15</u>	0...100	0...15	1,5
<u>GEN150-10</u>	0...150	0...10	1,5
<u>GEN300-5</u>	0...300	0...5	1,5
<u>GEN600-2.6</u>	0...600	0...2,6	1,56

Таблица 6. Модели программируемых источников питания серии Genesys 2U

Наименование	Параметры		
	Вых. напряжение, В	Вых. ток, А	Вых. мощность, кВт
GEN8-400	0...8	0...400	3,2
GEN10-330	0...10	0...330	3,3
GEN15-220	0...15	0...220	
GEN20-165	0...20	0...165	
GEN30-110	0...30	0...110	
GEN40-85	0...40	0...85	
GEN50-55	0...50	0...55	3,4
GEN80-42	0...80	0...42	3,3
GEN100-33	0...100	0...33	3,6
GEN150-22	0...150	0...22	3,3
GEN200-16.5	0...200	0...16,5	
GEN300-11	0...300	0...11	
GEN600-5.5	0...600	0...5,5	
GEN8-600	0...8	0...600	
GEN10-500	0...10	0...500	5
GEN16-310	0...16	0...310	4,96
GEN20-250	0...20	0...250	5
GEN30-170	0...30	0...170	
GEN40-125	0...40	0...125	5
GEN60-85	0...60	0...85	5,1
GEN80-65	0...80	0...65	5,2
GEN100-50	0...100	0...50	5
GEN150-34	0...150	0...34	5,1
GEN200-25	0...200	0...25	5
GEN300-17	0...300	0...17	5,1
GEN400-13	0...400	0...13	5,2
GEN500-10	0...500	0...10	5
GEN600-8.5	0...600	0...8,5	5,1

- точность мониторинга выходного напряжения и тока;

- наличие самоконтроля;
- наличие дистанционного управления включением/выключением и активацией/блокировкой;

- режим параллельной и последовательной работы;

- наличие внутренних, внешних индикаторов и органов управления.

Ну и, разумеется, необходимо учитывать массогабаритные характеристики, корпусное исполнение, возможность работы в требуемых условиях окружающей среды, а также — наличие защитных функций и соответствие стандартам безопасности и EMC.

Ниже, в сравнительной таблице характеристик моделей серии ZUP от TDK-Lambda, можно увидеть большую часть параметров, характеризующих программируемые источники питания.

Компания TDK-Lambda, мировой лидер в производстве источников питания, выпускает достаточное количество моделей современных программируемых источников питания, отвечающих всем современным требованиям, что позволяет выбрать наиболее оптимальное решение. Кроме того, компания имеет представителя в России (технического специалиста), что сокращает время раз-

работки и позволяет получить оперативные технические консультации.

На российском рынке компания представляет три основные серии программируемых источников: **ZUP**, **Z+** и **GENESYS**.

**Серия ZUP** — это первое семейство лабораторных (программируемых) источников питания TDK-Lambda. Серия разделяется на группы **ZUP200**, **ZUP400** и **ZUP800** (здесь и далее цифры обозначают мощность в ваттах) и содержит 19 моделей.

Обозначение моделей интуитивно понятно: если рассматривать название “ZUP 60-14”, то сразу можно определить, что максимальные выходные параметры данного источника 60 В — 14 А.

Модели серии “ZUP” имеют универсальный корпус: в базовой комплектации — обычный настольный вариант, при желании источники интегрируются в двоячную систему с добавлением выходов питания или монтируются в 19” стойку, занимая 3U и обеспечивая суммарную мощность до 2,4 кВт (необходимые опции для этого следует заказывать отдельно). Размер корпуса каждой модели един: 70x124x350 мм (ШxВxД), что позволяет легко объединять различные варианты, получая большую функциональность при сохранении эстетично-

сти внешнего вида (рисунок 2). Помимо этого, источники могут объединяться до пяти единиц параллельно в режиме «ведущий-ведомый», обеспечивая больший выходной ток. Для получения более высокого напряжения можно объединить два блока последовательно.

Все модели серии ZUP питаются однофазной сетью 85...265 В/47...63 Гц с активной коррекцией коэффициента мощности (0,99 при 100/200 В, номинальная мощность), имеют возможность программирования через аналоговый вход напряжением 0...4 В и переменным резистором 0...4 кОм, обладают несколькими настраиваемыми вариантами защиты: отключаемым Foldback (отключение выхода при смене режима), защитой от перегрузки и КЗ.

Основные характеристики моделей данной серии представлены в таблицах 1 и 2.

Источники питания TDK-Lambda серии ZUP работают при температуре окружающей среды 0...50°C в режиме 100% цикла, соответствуют стандартам безопасности UL3111-1, EN61010, EMC EN61326-1, IEC61326-1, FCC — часть 15 (класс А), имеют сопротивление изоляции более 100 МОм (при 25°C, 70% RH).

**Серия Z+** — новое поколение источников TDK-Lambda номинальной мощностью 200/400/600/800 Вт. Среди изделий имеются модели с выходным напряжением до 100 В, током до 72 А. Модели серии “Z+” на 33% меньше по размеру (в отличие от серии “ZUP”, данные модели занимают размер 2U по высоте) и на 40% легче источников питания серии ZUP и других аналогичных продуктов на рынке. Таким образом обеспечивается увеличение плотности мощности (соотношение мощности к размеру) на 49%, а грамотно продуманная вентиляция (сквозная) повышает надежность. Опционально доступны передние панели с выходными клеммами (рис. 3) и корпус для двух источников. В 19” стойку помещается до шести источников в минимальном корпусе и до четырех в корпусе с выходными клеммами. Варианты моделей представлены в таблице 3.

Серия компактных программируемых источников Z+ разработана как улучшенная замена популярной серии ZUP и, одновременно с этим, является новым поколением программируемых источников. Данные источники оптимально подходят для широкого круга научных и промышленных приложений.

Источники питания серии Z+ имеют широкий диапазон входного питания (85...265 В), активную коррекцию коэффициента мощности, программируемые режимы автоматического перезапуска, защиты от перегрузки и КЗ.

Функция активного распределения тока позволяет подключать параллельно до шести источников питания, увеличи-

вая значение выходного тока и общую мощность. Если требуется получить большее или биполярное напряжение, источники могут быть соединены последовательно до двух единиц.

Серия Z+ имеет две очень полезные особенности:

- наличие USB-интерфейса управления, благодаря которому источники питания можно использовать совместно с программами LabView и LabWindows;
- автономность работы: сохранение в памяти до четырех программ генерации питания и режимов, благодаря чему моделирование различных физических процессов, таких как имитация бортовой сети автотранспорта, систем питания лазеров и т.д., стало намного удобнее.

Модули серии Z+ имеют интерфейсы программирования RS-232, RS-485, аналоговое управление и мониторинг с режимами 0...5 В и 0...10 В. Опционально источники могут поставляться с изолированными аналоговыми интерфейсами IS420 (программирование уровнями тока) и IS510 (программирование уровнями напряжения), LAN-интерфейсом стандарта LXI и IEEE (GPIB).

Серия Z+ получила маркировку CE благодаря соответствию директиве МЭК в области низких напряжений, а также — соответствию требованиям EN55022-B, FCC часть-15-B, VCCI-B по ЭМС, отраженной и излучаемой помехе. Также Z+ соответствует стандартам безопасности UL/EN/IEC61010-1 и удовлетворяет требованиям UL/EN60950-1. Гарантия на источники составляет пять лет.

Отличительная особенность **серии Genesys** — высокая мощность, позволяющая использовать эти ИП в энергоемких технологических процессах. Классификация серии разбита на четыре группы (по высоте корпуса):

**Genesys 1U Half rack** мощностью 600...780 Вт (таблица 4), **Genesys 1U** — 600...2400 Вт (содержит в себе всю предыдущую линейку Half rack) (таблица 5), **Genesys 2U** — 3,2...5,2 кВт (таблица 6) и **Genesys 3U** — 7,5...15 кВт (таблица 7).

Источники питания TDK-Lambda Genesys на 3,3 и 5 кВт способны работать в широком диапазоне входных напряжений питающей трехфазной сети переменного тока 342...460 В. Помимо трехфазной сети, модели на 3,3 кВт поддерживают однофазную сеть и могут работать в диапазоне 170...265 В.

Модели мощностью до 3,3 кВт подключаются к однофазной сети с диапазоном 86...265 В и имеют активную коррекцию коэффициента мощности.

Как и все программируемые источники TDK-Lambda, серия Genesys изначально содержит аналоговый неизолированный интерфейс программирования, интерфейс RS-232/RS-485, на линии RS-485 можно управлять источниками электропи-

Таблица 7. Модели программируемых источников питания серии Genesys 3U

Наименование	Параметры		
	Вых. напряжение, В	Вых. ток, А	Вых. мощность, кВт
<b>GEN7.5-1000</b>	0...7,5	0...1000	7,5
<b>GEN10-1000</b>	0...10	0...1000	
<b>GEN12.5-800</b>	0...12,5	0... 800	
<b>GEN20-500</b>	0...20	0...500	
<b>GEN25-400</b>	0...25	0...400	
<b>GEN30-333</b>	0...30	0...333	
<b>GEN40-250</b>	0...40	0...250	
<b>GEN50-200</b>	0... 50	0...200	
<b>GEN60-167</b>	0...60	0...167	
<b>GEN80-125</b>	0...80	0...125	
<b>GEN100-100</b>	0...100	0...100	
<b>GEN125-80</b>	0...125	0...80	
<b>GEN150-66</b>	0...150	0... 66	
<b>GEN200-50</b>	0...200	0...50	
<b>GEN250-40</b>	0...250	0...40	
<b>GEN300-33</b>	0...300	0...33	
<b>GEN400-25</b>	0...400	0...25	
<b>GEN500-20</b>	0...500	0...20	
<b>GEN600-17</b>	0...600	0...17	15
<b>GEN60-250</b>	0...60	0...250	
<b>GEN80-187.5</b>	0...80	0...187,5	
<b>GEN100-150</b>	0...100	0...150	
<b>GEN125-120</b>	0...125	0...120	
<b>GEN150-100</b>	0...150	0...100	
<b>GEN200-75</b>	0...200	0...75	
<b>GEN250-60</b>	0...250	0...60	
<b>GEN300-50</b>	0...300	0...50	
<b>GEN400-37.5</b>	0...400	0...37,5	
<b>GEN500-30</b>	0...500	0...30	
<b>GEN600-25</b>	0...600	0...25	

тания, число которых может доходить до 31, опционально доступны подключение к LAN LXI, изолированный аналоговый интерфейс управления по току и напряжению (IS510, IS420) и GPIB.

Доступны режимы Safe Re-Start/Auto restart (безопасный перезапуск) и Last Setting Memory (запоминание последних параметров настройки). С помощью безопасного запуска пользователь может выбрать установку возврата источника электропитания в прежнее состояние после отключения электроэнергии или нулевую (безопасную) установку выходной мощности в режиме ожидания от пользователя дальнейших команд. Функция Last Setting Memory сохраняет настройки выходного напряжения и тока, удаленный или локальный режим, защиту от повышенного и пониженного напряжения, ограничения по току, скорость передачи данных и режим включения без применения аккумулятора.


Совместная работа блоков питания серии Genesys позволяет обеспечить параллельное подключение (система с конфигурацией «ведущий-ведомый») с равномерным распределением тока до четырех блоков, с последовательным — до двух.

Помимо документации, к серии Genesys прилагаются драйверы для

программ LabView и LabWindows, IVI-COM, IVI-C и примеры работы с консольным приложением на C#, VB с исходными кодами.

По кондуктивным помехам и помехам излучения модули соответствуют требованиям стандарта EN55022 (класс А) и стандартам безопасности UL60950-1 и EN60950-1.

**Заключение**

Несмотря на то, что источники питания, как таковые, не являются средствами измерений, из-за того, что программируемые источники питания часто находят применение в автоматических системах контроля и измерительных комплексах, на рынке стали появляться запросы на внесение таких источников в Госреестр. Компания TDK-Lambda все существующие на сегодняшний день серии своих программируемых источников питания утвердила как средства измерения. Все модели серий **GENESYS-750, -1500, -2400, -3300, -5000, -10000, -15000** и **ZUP-200, -400, -800** утверждены как типы стандартного образца и внесены в Госреестр. 

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

Сергей Миронов (КОМПЭЛ)

## ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА НА ВСЕ СЛУЧАИ ЖИЗНИ: ЛИТИЕВЫЕ БАТАРЕЙКИ



*Литиевые элементы питания имеют наибольшее номинальное напряжение при минимальных габаритах и самое высокое значение удельной плотности энергии. Они предназначены для работы с нагрузками, требующими небольшого или среднего разрядного тока (для больших токов разряда применяются щелочные элементы). КОМПЭЛ поставяет продукцию известных компаний EEMB и EVE Energy, выпускающих элементы с разрядными токами от сотен миллиампер до нескольких ампер*

**Х**имические источники тока (ХИТ) прочно вошли в нашу повседневную жизнь. Практически каждый из нас имел дело с гальваническими элементами, но не каждому эта встреча могла оставить приятные воспоминания. Стало ясно, что батарейки почему-то работали меньше, чем ожидалось, у них быстро снижалось напряжение, или нагрузка просто отказывалась нормально функционировать с некоторыми типами элементов. В этом случае, как правило, мы считали виноватым производителя элементов и редко допускали, что могла быть и доля нашей собственной вины. Может быть, в данном случае элемент повел себя так, как и должен был? Ведь различные нагрузки нуждаются и в различных источниках тока. Например, фотоаппарат со вспышкой требует кратковременного, но достаточно большого тока, а цифровому аудиоплееру, наоборот, требуется длительный ток небольшой величины.

Если в бытовом применении потребитель редко обращает внимание на отличия используемых химических источников тока — для него они просто батарейки и аккумуляторы, то для применения в промышленном оборудовании необходимо обладать полной информацией о существующих источниках и их различиях между собой. Это требуется

для того, чтобы избежать возможных ошибок, связанных с неправильным применением источников тока в том или ином приложении.

Химический источник тока — это устройство, непосредственно преобразующее энергию химической реакции, протекающей между анодом и катодом, в электрическую энергию. Все химические источники по способности к повторному использованию подразделяются на две большие группы: первичные источники тока и вторичные источники тока. Первичные источники тока (элементы) обеспечивают только разряд и не могут заряжаться — они используются однократно. Вторичные источники

тока (аккумуляторы) могут заряжаться и использоваться многократно в циклическом режиме «заряд-разряд».

В мире производится несколько основных типов химических источников тока (солевые, щелочные, литиевые и др.) и достаточно большое количество их разновидностей, различающихся типом электрохимической системы, электрической емкостью, допустимыми токами разряда и саморазряда, а также — другими параметрами. Некоторые параметры основных типов первичных источников тока приведены в таблице 1 (ориентировочная электрическая емкость указана при непрерывном разряде тока 10 мА).

До недавнего времени солевые источники тока, имеющие самую низкую стоимость, являлись наиболее распространенными, но, в силу многих присущих им недостатков, в настоящее время неуклонно вытесняются щелочными (Alkaline) и литиевыми.

Определенное сочетание основных параметров определяет то или иное назначение источников тока. Для неко-



Рис. 1. Внешний вид первичных ХИТ

Таблица 1. Параметры первичных ХИТ

Типы ХИТ	Рабочее напряжение, В	Электрическая емкость, мАч	Диапазон рабочей температуры, °С	Саморазряд, % в год
Солевые (тип корпуса АА)	1,5	1000...1100	-20...60	>10
Щелочные (тип корпуса АА)	1,5	2400...2500	-30...60	5...8
Литий-тионилхлоридные (тип корпуса АА)	3,3...3,6	2000...2100	-55...85 (150)	<1
Литий-диоксидмарганцевые (тип корпуса АА)	3	1500...1600	-20 (-40)...70 (85)	2...2,5
Литий-диоксидсерные (тип корпуса АА)	2,6...2,9	800...900	-55...70	1...2

Таблица 2. Литий-диоксидмарганцевые элементы

Наименование	Тип корпуса	Рабочее напряжение, В	Номинальная емкость, мАч	Ток разряда, мА	Ток разряда макс., мА		Размеры, мм		Температурный диапазон, °С	Производитель
					пост.	имп.	диаметр	высота		
<b>Цилиндрические с повышенным током разряда</b>										
<b>CR14250SC</b>	1/2AA	3,0	650	20	800	1500	14,0	25,0	-40...60	EEMB
<b>CR14250</b>		3,0	650	10	500	1500	14,5	25,0	-40...85	EVE
<b>CR14505SC</b>	AA	3,0	1500	20	2000	2500	14,5	50,5	-40...60	EEMB
<b>CR1405</b>		3,0	1600	10	1500	3000	14,5	50,5	-40...85	EVE
<b>CR17505SL</b>	A	3,0	2500	10	1500	3500	17,0	50,5	-40...85	EEMB
<b>CR17505</b>		3,0	2400	10	1500	3000	17,0	50,5	-40...85	EVE
<b>CR26500SL</b>	C	3,0	5000	10	2000	3000	26,0	50,0	-40...85	EEMB
<b>CR26500</b>		3,0	5000	10	2000	3000	26,0	50,0	-40...85	EVE
<b>CR34615SL</b>	D	3,0	10000	10	2000	3000	34,0	61,5	-40...85	EEMB
<b>CR34615</b>		3,0	10000	10	2000	3000	34,0	61,5	-40...85	EVE
<b>Таблеточного типа</b>										
<b>CR1620</b>		3,0	70	0,2	2	10	16	2,0	-20...70	EEMB
<b>CR1620</b>		3,0	70	0,1	3	8	16	2,0	-20...70	EVE
<b>CR2025</b>		3,0	150	0,4	3	15	20	2,5	-20...70	EEMB
<b>CR2025</b>		3,0	160	0,2	3	15	20	2,5	-20...70	EVE
<b>CR2032</b>		3,0	210	0,4	3	15	20	3,2	-20...70	EEMB
<b>CR2032</b>		3,0	225	0,2	3	15	20	3,2	-20...70	EVE
<b>Цилиндрические повышенной емкости</b>										
<b>CR14505BL</b>	AA	3,0	1800	0,5	10	100	14,5	50,5	-40...85	EEMB
<b>CR17335BL</b>	2/3A	3,0	1800	1,0	10	100	17,0	33,5	-40...85	EEMB

Таблица 3. Литий-диоксидсерные элементы

Наименование	Тип корпуса	Рабочее напряжение, В	Номинальная емкость, мАч	Ток разряда, мА	Ток разряда макс., мА		Размеры, мм		Температурный диапазон, °С	Производитель
					пост.	имп.	диаметр	высота		
<b>LSS14505</b>	AA	2,9	1100	3	100	200	14,5	50,5	-54...71	EEMB
<b>LSS26500</b>	C	2,9	3500	30	1000	2000	26,5	50	-54...71	EEMB
<b>LSS34615</b>	D	2,9	8000	50	2000	5000	34	61,5	-54...71	EEMB

торых задач, где основным фактором выступает первоначальная низкая стоимость электропитания, можно использовать недорогие щелочные, или даже солевые источники тока. Однако для применений, где требуются источники повышенной энергии, обладающие низким током саморазряда и/или длительным сроком службы, следует выбирать другой тип. Наиболее перспективным типом, с учетом указанных параметров, в настоящее время являются литиевые источники.

Литиевые источники тока производятся в различных форм-факторах («таблетка», цилиндрические, призматические (рисунок 1)) в виде элементов и аккумуляторов, которые, в свою очередь, различаются типом электрохимической системы и некоторыми основными параметрами:

- первичные источники тока (элементы)**
- литий-тионилхлоридные (Li/SOCl<sub>2</sub>);
  - литий-диоксидмарганцевые (Li/MnO<sub>2</sub>);
  - литий-диоксидсерные (Li/SO<sub>2</sub>);

**вторичные источники тока (аккумуляторы)**

- литий-полимерные (Li/Polimer)
- литий-железофосфатные (Li/FePO<sub>4</sub>);
- литий-ионные (Li/Ion).

Общим для всех этих источников является то, что анод у них выполнен из металлического лития. По своим химическим свойствам металлический литий является одним из самых активных элементов и, к тому же, он обладает наивысшим отрицательным потенциалом по отношению ко всем металлам. Используя этот материал в качестве анода, удалось достичь того, что литиевые элементы имеют наибольшее номинальное напряжение при минимальных габаритах и характеризуются самым высоким значением удельной плотности энергии по сравнению с источниками других типов. Общим является также и то, что, обладая самой большой удельной плотностью энергии, элементы этого типа в основном предназначены для работы с нагрузками, требующими небольшого или среднего разрядного тока. Возможно, что по этой причине,

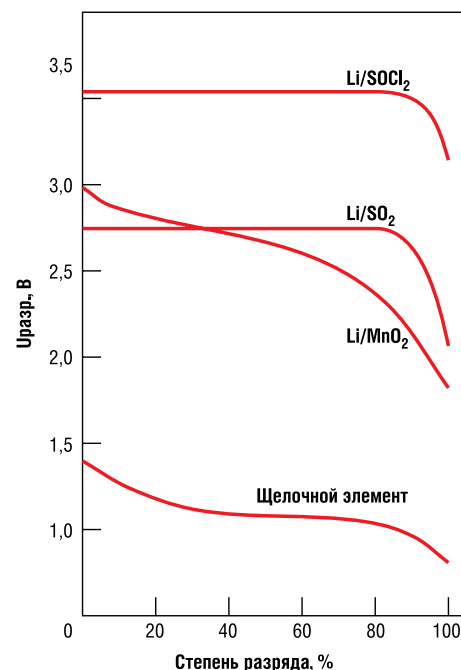


Рис. 2. Разрядные кривые ХИТ

Таблица 4. Литий-тионилхлоридные элементы

Наименование	Тип корпуса	Рабочее напряжение, В	Номинальная емкость, мАч	Ток разряда, мА	Ток разряда макс., мА		Размеры, мм		Температурный диапазон, °С	Производитель
					пост.	имп.	диаметр	высота		
<b>Повышенной емкости цилиндрические</b>										
<b>ER10450</b>	AAA	3,6	700	1	5	30	10,2	46,2	-55...85	EEMB
<b>ER14250</b>	1/2AA	3,6	1200	0,5	40	80	14,5	25,2	-55...85	EEMB
<b>ER14250</b>		3,6	1200	0,5	15	50	14,5	25,4	-55...85	EVE
<b>ER14505</b>	AA	3,6	2400	2	100	200	14,5	50,5	-55...85	EEMB
<b>ER14505</b>		3,6	2700	1	40	150	14,5	50,5	-55...85	EVE
<b>ER26500</b>	C	3,6	9000	2	230	400	26,0	50,0	-55...85	EEMB
<b>ER26500</b>		3,6	8500	4	150	300	26,0	50,0	-55...85	EVE
<b>ER341245</b>	DD	3,6	36000	2	450	1000	34,0	124,5	-55...85	EEMB
<b>ER341245</b>		3,6	35000	10	420	500	33,1	124,5	-55...85	EVE
<b>С повышенным током разряда цилиндрические</b>										
<b>ER14505M</b>	AA	3,6	1800	10	500	1000	14,5	50,5	-55...85	EEMB
<b>ER14505M</b>		3,6	2000	4	400	1000	14,7	50,7	-40...85	EVE
<b>ER26500M</b>	C	3,6	6500	10	1000	2000	26,2	50	-55...85	EEMB
<b>ER26500M</b>		3,6	6000	10	1000	2000	26,2	50	-40...85	EVE
<b>ER34615M</b>	D	3,6	14000	10	2000	3000	34	60,5	-55...85	EEMB
<b>ER34615M</b>		3,6	13000	15	2000	4000	33,1	61,5	-40...85	EVE
<b>С расширенным температурным диапазоном цилиндрические</b>										
<b>ER14505S</b>	AA	3,6	1600	100	100	—	14,5	50,5	-20...125	EEMB
<b>ER14505S</b>		3,6	1600	нд	нд	—	14,7	50,5	-40...150	EVE
<b>ER26500S</b>	C	3,6	4800	35	100	—	26,2	50	-20...150	EEMB
<b>ER26500S</b>		3,6	6000	нд	нд	—	26,9	50	-40...150	EVE
<b>ER34615S</b>	D	3,6	10500	35	200	—	34	60,5	-20...150	EEMB
<b>ER34615S</b>		3,6	13000	нд	нд	—	33,9	61,5	-40...150	EVE

а также — из-за стоимости, они пока не смогли полностью вытеснить с рынка щелочные элементы, допускающие повышенные токи разряда. Но развитие литиевых элементов продолжается и производители этого вида продукции, например, такие известные компании, как **EEMB**, **EVE Energy**, выпускают элементы с большими разрядными токами от сотен миллиампер до нескольких ампер.

В группе литиевых элементов наиболее отлажено производство литий-диоксидмарганцевых ( $\text{Li/MnO}_2$ ) и литий-диоксидсерных ( $\text{Li/SO}_2$ ) элементов, поэтому они являются самыми массовыми и доступными по стоимости. Среди этой продукции имеются изделия, допускающие повышенные токи разряда. Это элементы, выполненные по так называемой спиральной технологии. При этой технологии анод изготавливается в виде спирали, чем достигается максимальная площадь поверхности взаимодействия между анодом и катодом и изделие способно на повышенную отдачу тока. Литий-диоксидмарганцевые элементы характеризуются малым током саморазряда, высокой надежностью и сроком хранения более 10 лет. Так называемые элементы «таблеточного» типа в основном изготавливаются именно этих двух электрохимических систем.

Некоторые наиболее востребованные литий-диоксидмарганцевые элементы приведены в таблице 2.

*Здесь и далее по тексту номенклатура, указанная в таблицах, приведена в ограниченном объеме. Для более полной информации по всей выпускаемой продукции необходимо обращаться непосредственно на сайт производителя или в КОМПЭЛ.*

Элементы с электрохимической системой «литий-диоксид серы» обладают достаточно высокой удельной мощностью и

работоспособны в диапазоне температур 55...70°С; разрядное напряжение составляет 2,6...2,9 В (в зависимости от плотности тока). Напряжение имеет очень хорошую стабильность при разряде по сравнению с литий-диоксид марганцевым элементом до тех пор, пока элемент не разрядится полностью. Затем напряжение резко уменьшается (рисунок 2). К недостаткам этого вида элементов мож-

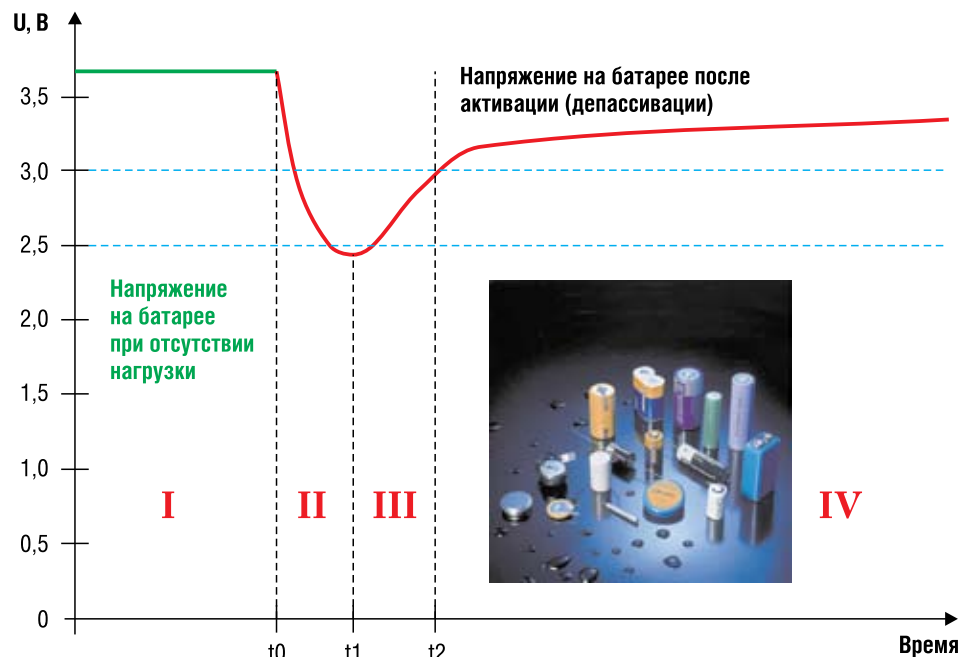


Рис. 3. Напряжение на элементе в процессе депассивации

Таблица 5. Параметры для депассивации литий-тионилхлоридных элементов EEMB

Наименование	Ток активации макс., мА	Срок хранения/ время активации, с			Напряжение после депассивации, В	Производитель
		3 месяца	6 месяцев	12 месяцев		
ER14250	80	15	30	60	>3,0	EEMB
ER14505	200					
ER26500	260					
ER34615	460					
ER14505M	1000					
ER26500M	2000					
ER34615M	3000					

но отнести повышенное внутреннее давление и опасность сильного нагрева при коротком замыкании. Для предотвращения нежелательных последствий, которые могут возникнуть в этом случае, в корпусе элемента устанавливается специальный предохранитель, сбрасывающий при нагреве лишнее давление.

Несколько типов литиевых элементов системы «литий-диоксид серы» рассмотрены в таблице 3

Все литиевые элементы по отношению к другим типам элементов обладают рядом очень важных преимуществ (таблица 1). Основное из них — упоминавшаяся ранее высокая удельная плотность энергии. Удельная плотность энергии — это отношение энергии элемента к его массе или объему, выраженное в Ватт-часах на единицу массы или объема (Вт·ч/кг или Вт·ч/дм<sup>3</sup>). Источники тока с большей удельной плотностью энергии при равных габаритных размерах с источниками других типов позволяют обеспечить питанием нагрузку в течение более продолжительного времени. Как видно из таблицы 1 и рисунка 2, самым высоким значением удельной плотности энергии обладают литий-тионилхлоридные элементы (Li/

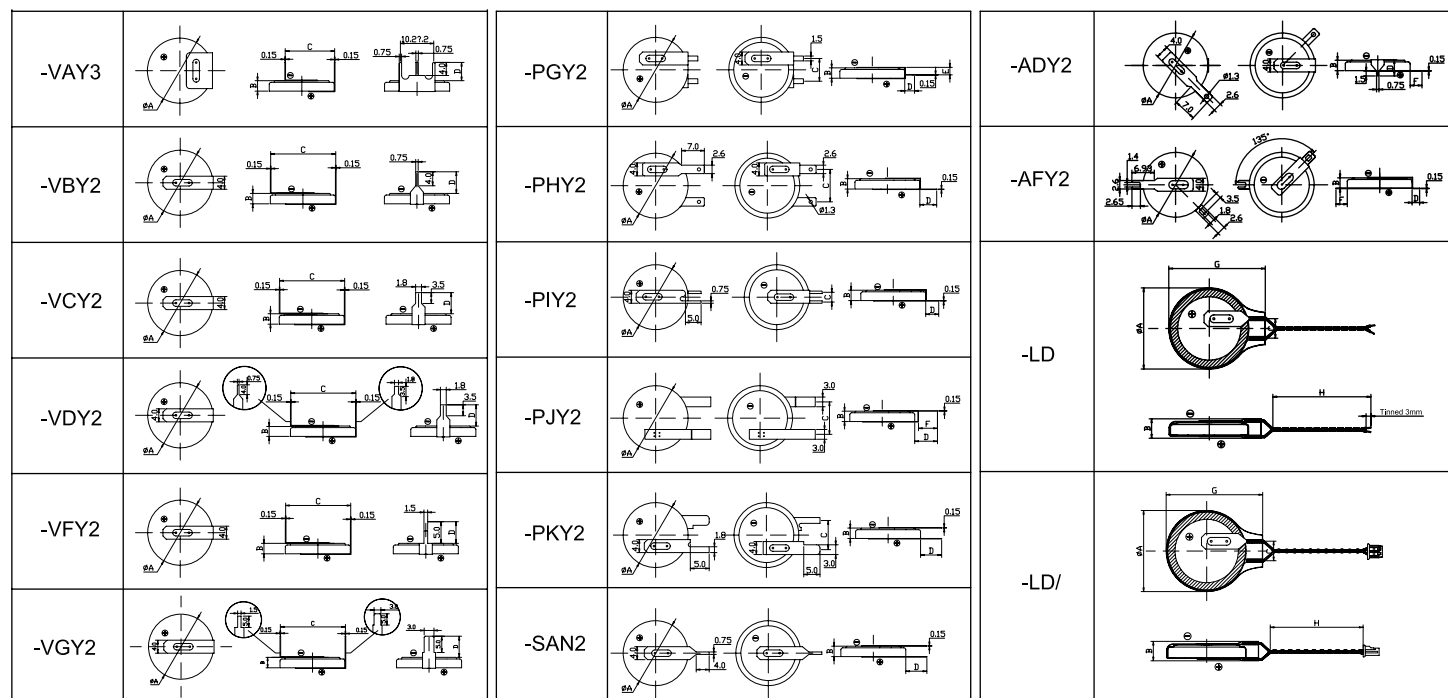
SOCl<sub>2</sub>). Кроме того, элементы этого типа имеют широкий рабочий температурный диапазон -55...85°C, что допускает их эксплуатацию в жестких условиях, и обладают очень хорошей стабильностью напряжения при разряде (рисунок 2). Отдельно нужно выделить наличие элементов с расширенным рабочим температурным диапазоном в области верхнего значения -20...125/150°C, а также — элементов, допускающих повышенные токи разряда (таблица 4).

Следующим важным преимуществом группы литиевых элементов является сверхмалый ток саморазряда (потеря 1...2,5% емкости в год). Благодаря столь малой потере емкости рассматриваемые типы элементов могут храниться в обычных условиях больше 10 лет, при этом емкость снизится всего на 10%. Самым малым током саморазряда, как видно из таблицы 1, обладают литий-тионилхлоридные элементы.

Долгий срок хранения и низкий ток саморазряда литий-тионилхлоридных элементов — это, конечно, неоспоримый плюс. Такое свойство обеспечивается тонкой изолирующей пленкой хлорида лития, которая возникает на поверхно-

сти литиевого электрода. Пленка образуется из-за химической реакции, возникающей еще во время сборки элемента. Образовавшаяся пленка прекращает химическую реакцию и резко уменьшает ток саморазряда, в результате этого имеем элемент с длительным сроком хранения практически без ухудшения параметров. Но есть и отрицательная сторона этого процесса. Если к элементу подключить нагрузку, потребляющую достаточно большой ток, то на батарее (нагрузке) в начальный момент времени окажется пониженное напряжение около 2,3...2,7 В, хотя на холодном ходу напряжение будет нормальным 3,3...3,6 В. Это происходит из-за того, что образовавшаяся изолирующая пленка не может разрушиться мгновенно и препятствует протеканию тока (обладает достаточно высоким сопротивлением). В процессе хранения элемента толщина изолирующей пленки увеличивается. Этот процесс называется пассивацией литиевого элемента. Пассивации подвержены литиевые элементы всех производителей без исключения.

Степень пассивации элемента зависит от времени и условий его хранения,



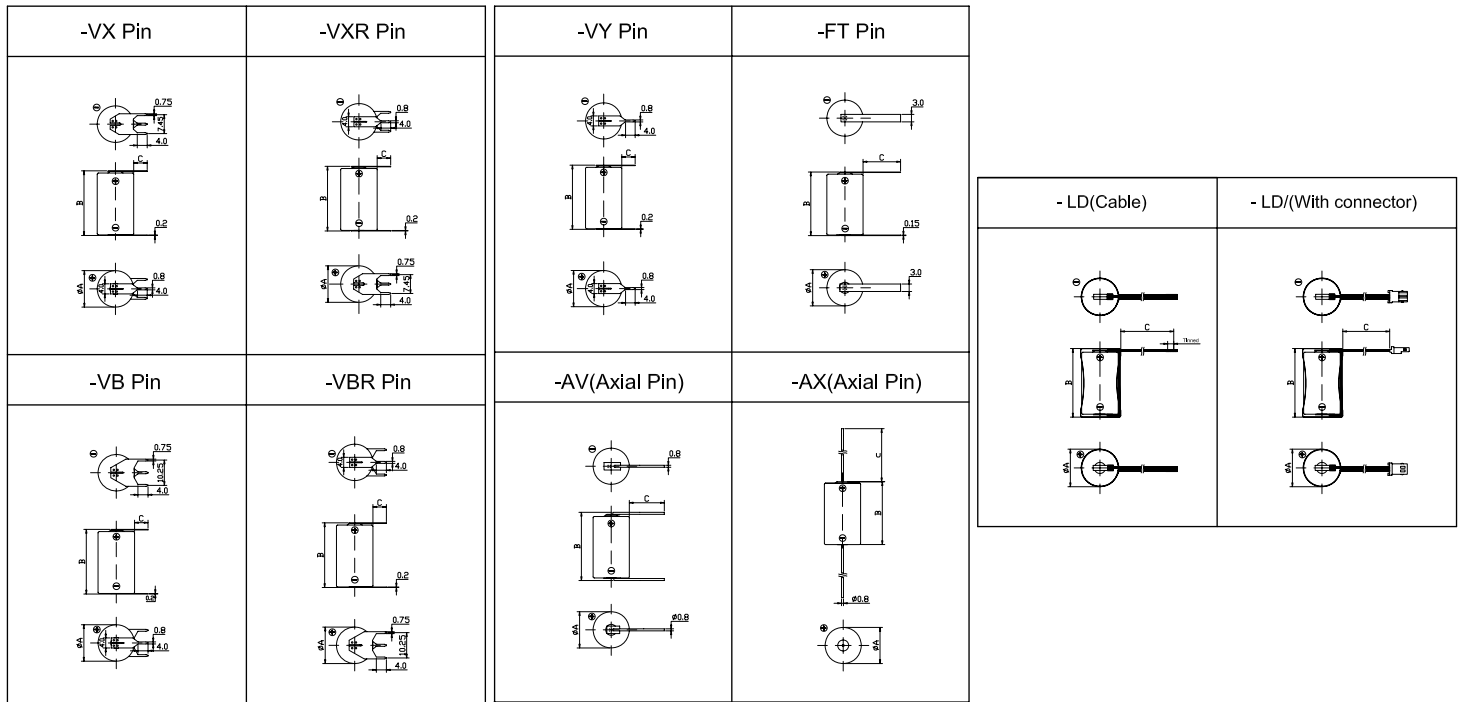


Рис. 5. Варианты выводов для элементов цилиндрического типа

а также — от режима эксплуатации. Чем больше период хранения и выше температура, тем толще пленка. Значительные негативные проявления эффекта пассивации начинаются после 5...6 месяцев хранения в нормальных условиях, либо после длительного использования элемента в микроамперном режиме (единицы микроампер и менее).

В реальной жизни часто встречаются устройства, работающие большую часть времени в ждущем режиме (например, какие-либо датчики). Приборы длительное время потребляют ток в несколько микроампер или десятков микроампер, а по свершению некоторого события должны включиться в режим среднего или большого энергопотребления. В этом случае, если в приборе установлена батарея после длительного хранения, или режим микропотребления длился очень долго, то переход в режим повышенного энергопотребления может и не произойти. Элемент выдаст пониженное напряжение.

Пониженное напряжение в меньшей степени влияет на устройства с малым потреблением тока. В момент подключения такой нагрузки напряжение на элементе снизится незначительно, и устройство будет работать, однако процесс пассивации продолжится, и в какой-то момент времени устройство может отключиться, или его работа станет неустойчивой. Для таких устройств не следует использовать энергоёмкие литиевые источники тока.

При подключении нагрузки, потребляющей несколько миллиампер (средняя нагрузка), произойдет понижение напряжения и затем, через некоторое время, оно восстановится до нормально-

го значения. Это объясняется тем, что при потреблении указанного тока имеющаяся пленка с течением времени разрушится, а постоянно протекающий или протекающий с достаточно короткими промежутками времени ток будет препятствовать ее образованию.

Пониженное напряжение на элементе, потребляющем большой ток (десятки миллиампер), в момент подключения нагрузки может нарушить его работу, или же он просто не включится. Замена элемента на новый (только что купленный и не бывший в эксплуатации) ситуацию не исправит, а проверка нагрузки покажет, что с ее схемой все в порядке. Получается следующая ситуация: установили новый элемент питания — и прибор перестал работать!

Подобный случай встречался в практике автора данной статьи. При работе на одном из предприятий пришлось подготавливать некоторое изделие к серийному выпуску. Изделие состояло из нескольких отдельных устройств. Одно из устройств имело особенность — его рабочий режим был импульсным, с достаточно большим током потребления (пульт дистанционного управления). В качестве источника питания в изделие разработчиком были заложены литиевые элементы. В то время подобные элементы были не особенно распространены, а их «особенности» не были широко известны, и отдел закупок приобрел партию похожих по основным параметрам элементов (по напряжению и емкости). Эти элементы были поставлены в устройство и оказалось, что у всех устройств, уже проверенных и настроенных, резко сократилась дальность связи. Посчитали, что элементы долго хранились и потеряли часть ем-

кости (они на самом деле достаточно долго хранились). Была закуплена еще одна партия элементов (более «свежих») — кардинально ситуация не улучшилась. Когда стали разбираться — выяснилось, что данные элементы обладают эффектом пассивации. В дальнейшем проблему смогли устранить некоторой доработкой схемы (подключили несколько электролитических конденсаторов параллельно элементу питания). Первые включения устройства стали происходить за счет части энергии, накопленной в конденсаторах, и одновременно с этим импульсы тока депассивировали элемент.

Литий-тионилхлоридные элементы перед использованием необходимо депассивировать, т. е. разрушить изолирующую пленку хлорида лития импульсом тока. На рисунке 3 показан график, поясняющий депассивацию литий-тионилхлоридных первичных источников тока.

На графике имеется четыре области:

- I — область показывает напряжение на элементе в отсутствие нагрузки (холостой ход; 3,6 В);
- II — область иллюстрирует, что при подключении нагрузки в момент времени  $t_0$  возникает импульс тока, который приводит к резкому уменьшению напряжения на элементе до уровня 2,4 В;
- III — область: происходит разрушение основной части площади изолирующей пленки и напряжение на элементе возрастает до 3 В. При достижении напряжения 3,0 В с подключенной нагрузкой считается, что депассивация выполнена;
- IV — область: происходит дальнейшее разрушение оставшейся части пло-

щадя пленки и напряжение постепенно повышается до номинального значения.

Для активации ни в коем случае нельзя делать короткое замыкание выводов элемента питания. Подобный метод приведет к выходу элемента из строя. Существуют рекомендованные производителем максимально допустимые значения тока и времени депассивации. В таблице 5 указаны режимы депассивации для некоторых элементов компании ЕЕМВ. Максимальное значение тока депассивации для литий-тионилхлоридных элементов можно определить по правилу:


макс. импульсный ток > макс. ток депассивации < 2 x макс. рабочий ток

При длительном хранении литий-тионилхлоридных элементов можно предупредить образование пленки хлорида лития с помощью регулярной кратковременной нагрузки элемента током не менее 1,25% от номинальной емкости в течение трех секунд один раз в сутки.

Следует отметить, что процессу пассивации подвержены практически все литиевые источники тока, но у литий-тионилхлоридных он выражен наиболее остро, а эти источники, ввиду их непревзойденной удельной плотности энергии, очень востребованы на рынке.

Батареи и аккумуляторы, например, компании ЕЕМВ, выпускаются с различными выводами для разных вариантов монтажа на печатную плату. Каждая

версия выводов имеет свои буквенные обозначения — дополнительные символы в конце наименования. Некоторые, наиболее популярные из них, приведены на рисунках 4 и 5. На рисунке 4 показаны варианты выводов элементов питания «таблеточного» типа, а на рисунке 5 — цилиндрического типа. Если в наименовании отсутствует кодировка выводов — это означает, что элементы питания предназначены для установки в обычные держатели батарей (стандартный элемент).

Говоря о достоинствах литиевых источниках тока, следует сказать и об их недостатках. К недостаткам литиевых элементов следует отнести пока еще относительно высокую стоимость по сравнению с другими типами элементов, обусловленную высокой ценой лития и особыми требованиями к производству (необходимость инертной атмосферы, очистка неводных растворителей), а также пассивацию. Следует также учитывать, что некоторые литиевые элементы при вскрытии взрывоопасны. Однако, это не должно препятствовать использованию данного вида источников тока. Необходимо только помнить об особенностях их применения. 

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка —  
e-mail: [ac-dc-ac.vesti@compel.ru](mailto:ac-dc-ac.vesti@compel.ru)

## GS05E-USB — источник питания от Mean Well для USB-устройств



В настоящее время трудно представить нашу повседневную жизнь без носимых устройств с USB-портом: мобильные телефоны, электронные книги, планшетники и др. Подобные устройства питаются от химического источника тока, как правило, аккумулятора и, соответственно, требуют периодической подзарядки. Если рядом всегда имеется какое-либо устройство, подключаемое к сети 220 В/50 Гц с USB портом (ноутбук, стационарный компьютер или другое устройство), то проблемы с зарядкой носимого устройства не возникает. Но зачем специально подключать к сети достаточно мощное устройство, прилично расходующее электроэнергию для собственного питания, если можно обойтись специальным экономичным источником питания?

С другой стороны, часто бывает ситуация когда носимое устройство разрядилось в самый неподходящий момент, а другое USB устройство, подключаемое к сети, от которого можно бы было подзарядить «севший» аккумулятор, отсутствует. Для исключения подобных нежелательных ситуаций компания **Mean Well** разработала специальный источник питания **GS05E-USB** для устройств с USB-портом или устройств питающихся от USB-порта. Данный источник на выходе обеспечивает ток 1 А при напряжении 5 В; соответствует классу II по защите от поражения электрическим током (двойная изоляция) и характеризуется крайне малым энергопотреблением без нагрузки (менее 0,3 Вт).

Устройство имеет компактный размер и небольшую массу, что позволяет его носить с собой и всегда иметь возможность (при наличии 220 В/50 Гц) подключить разряженное USB-устройство, чтобы им воспользоваться.

### Основные параметры:

- Диапазон входного напряжения 90...264 В
- Выходное напряжение 5 В
- Выходной ток 1 А
- Выход USB
- Размер 42x30x20 мм



# - это литиевые ХИТЫ



## Батарейки

**Литий-тионилхлорид (Li-SOCl<sub>2</sub>):**

- высокоемкостные: до 35 Ач (тип DD)
- высокотемпературные: -40...150°C
- с большим током разряда

**Литий-Диоксид Марганца (Li-MnO<sub>2</sub>)**

## Аккумуляторы

**Литий-ионные (Li-ion)**

**Литий-железофосфатные (Li-FePO<sub>4</sub>)**

Москва  
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2361  
Миронов Сергей  
E-mail: [s.mironov@compel.ru](mailto:s.mironov@compel.ru)

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9403, доб. 4260  
Селезнев Михаил  
E-mail: [sma.spb@compel.ru](mailto:sma.spb@compel.ru)



[www.compel.ru](http://www.compel.ru)

Андрей Никитин (г. Минск)

## ДЛЯ ЛЮБОГО ПРИЛОЖЕНИЯ: DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ MEAN WELL, RECOM И PEAK



**Модульные DC/DC-преобразователи** – идеальная альтернатива дискретному решению, разработка которого требует дополнительных инженерных затрат и особой квалификации. Компания КОМПЭЛ поставляет на рынок модульную DC/DC-продукцию трех основных производителей: **Mean Well** (широкая номенклатура конструктивных исполнений и низкая цена), **Recom** (все варианты входных и выходных номиналов), **Peak** (функциональное разнообразие, высокие характеристики).

Применение модульных источников питания является для инженера-разработчика альтернативой источнику питания собственной разработки из дискретных электронных компонентов (дискретное решение). Дискретное решение, в большинстве случаев, оказывается дешевле модульного источника питания. Это, безусловно, так, если брать во внимание только стоимость электронных компонентов и материалов. Дискретное решение имеет смысл тогда, когда речь идет о массовом выпуске изделия, то есть, в том случае, когда стоимость единицы продукции имеет существенное значение. Также дискретное решение оправдано, если речь идет о выпуске продукции с длительным жизненным циклом (20 и более лет). В этом случае применение покупных модулей может привести к неоднократной вынужденной модификации изделия. И, разумеется, если разработка и изготовление собственных источников питания – основная специализация компании. В остальных случаях применение модульных источников оправдано по следующим причинам:

- Разработка качественных источников питания требует достаточно специфического инженерно-технического опыта у разработчиков. Если разработка линейных DC/DC-преобразователей считается задачей низкой сложности, то, например, разработка импульсных преобразователей, удовлетворяющих требованиям действующих стандартов по электромагнитной совместимости оценивается как задача средней или высокой сложности [1].

- При разработке собственного дискретного решения всегда присутствуют риски возможных переделок в процес-

се отладки изделия и, как следствие, увеличение продолжительности времени разработки. Использование модульного решения сокращает время вывода конечного изделия на рынок.

- Известные производители предлагают достаточно широкую номенклатуру изделий, что дает возможность выбрать оптимальное покупное решение, а не проектировать каждый раз новый вариант источника питания собственной разработки.

- Сертификация, если таковая требуется, является проблемой производителя.

### Основные параметры DC/DC-преобразователей напряжения

Все разнообразные параметры, которые характеризуют работу DC/DC-преобразователей, можно разделить на

две основные группы: эксплуатационные и точностные.

К наиболее важным эксплуатационным параметрам можно отнести:

- Допустимый диапазон входного напряжения.
- Выходную мощность преобразователя.
- Коэффициент полезного действия.
- Электрическую прочность изоляции.
- Номинальное значение выходного напряжения.
- Максимально допустимый ток нагрузки.
- Допустимый диапазон рабочих температур.
- Минимально допустимую нагрузку.
- Показатели надежности.

**Допустимый диапазон входного напряжения (Input Voltage)** – диапазон входного напряжения, при котором преобразователь будет находиться в нормальном режиме работы и обеспечивать допустимые значения по всей совокупности заявленных параметров. Применительно к DC/DC-преобразователям имеет смысл пояснить некоторые сопутствующие термины:



Рис. 1. Варианты конструктивного исполнения преобразователей модульного типа малой мощности

– **Номинальное входное напряжение (Rated DC Input Voltage)**. Обычно это одна из величин: 5, 12, 24, или 48 В (хотя бывают и другие значения). Это всего лишь первая часть обозначения входного напряжения DC/DC-преобразователей.

– **Ширина допустимого диапазона (Input Range)** – вторая часть обозначения входного напряжения. Наиболее популярные случаи: «10%», «2:1» и «4:1», хотя иногда встречаются и другие варианты. Термин «10%» для класса «24 В», например, обозначает пределы допустимого диапазона как 21,6...26,4 В. Термин «2:1» для того же класса обозначает диапазон 18...36 В (то есть, максимальное значение вдвое больше минимального). Термин «4:1» в аналогичном случае определяет диапазон 9...36 В. Необходимо отметить, что применение источников с расширенным диапазоном входного напряжения оправдано лишь тогда, когда условия эксплуатации не позволяют обойтись другими средствами. При прочих равных условиях «широкие» источники характеризуются большими потерями (в выпрямительных диодах, в трансформаторе, во входных фильтрах, на ключевом транзисторе), что, в свою очередь, снижает КПД преобразователя и вынуждает разработчика применить дополнительные решения для отвода тепла. Кроме того, преобразователи с расширенным диапазоном дают более широкий спектр помех и, соответственно, требуют дополнительных мер по обеспечению электромагнитной совместимости [2]. Иными словами, внешняя привлекательность источников расширенного диапазона может создать множество дополнительных проблем, которых можно избежать, применив преобразователи с более узким диапазоном входного напряжения.

**Выходная мощность преобразователя (Output Power)** – произведение величины выходного напряжения на максимально допустимое значение тока

нагрузки (для многоканальных преобразователей – сумма по всем каналам). Однако, при этом следует иметь в виду, что указываемый в документации «класс по мощности» (Rated Power) не обязательно равен реальному значению выходной мощности. Это может быть просто указание на принадлежность к определенной группе моделей.

**Коэффициент полезного действия или эффективность (Efficiency)** – отношение значений выходной мощности к мощности на входе. Значение сильно зависит от множества конкретных условий, но важно иметь в виду, что наибольшая эффективность достигается при нагрузке, близкой к максимально допустимой. Кроме того, чем больше разница между входным и выходным напряжением, тем меньше КПД.

**Электрическая прочность изоляции (I/O Isolation Voltage)** – значение разности потенциалов, приложенной к контактам входной и выходной цепей, которое не привело к пробое изоляции развязки между входным и выходным каскадами преобразователя. Разумеется, данный параметр имеет смысл только для изолированных преобразователей. Отметим, что напряжение изоляции не является точным измеренным значением. Фразу «1000 V DC Isolation» в документации следует понимать таким образом: в процессе заводских испытаний между контактами входной и выходной цепей на некоторое время было приложено постоянное напряжение 1000 В, и это не привело к появлению электрического пробоя. При этом необходимо иметь в виду следующее: во-первых, испытания могут проходить по разным методикам. Обычно используют методики одного из трех стандартов: UL1577, VDE0884 и IEC61010-01, что дает разные результаты, но при этом далеко не всегда в документации делается указание на примененную методику испытаний. Во-вторых, в некоторых случаях имеется в виду напряжение, которое

может быть приложено к изоляции неограниченно долго (рабочее напряжение изоляции), в других случаях речь идет об испытательном напряжении, которое прикладывается к образцу в течение короткого времени (от нескольких микросекунд до минуты). Испытательное напряжение может в 10 раз превышать рабочее и предназначено для ускоренных испытаний в процессе исследований характеристик изделия. Поэтому сравнивать по данному параметру продукцию разных производителей затруднительно: для преобразователей Peak это значение дается для времени 3 с, для преобразователей Rescom – 1 сек, Mean Well продолжительность воздействия не указывает. Как правило, в современных преобразователях диапазон значений электрической прочности изоляции варьируется в пределах 1000...6000 В.

Смысл параметров **номинальное значение выходного напряжения, максимально допустимый ток нагрузки и допустимый диапазон рабочих температур** очевиден и пояснений не требует.

**Минимально допустимая нагрузка** – это изменение выходного напряжения в зависимости от изменения величины нагрузки. Нормируется только в том случае, если величина нагрузки выше некоторого оговоренного значения (обычно – 10 или 20% от максимального). При меньших значениях преобразователь будет функционировать, но величина выходного напряжения может заметно отличаться от заявленного значения и иметь существенно более высокий уровень высокочастотных пульсаций. Указывается в процентах от максимального значения. В документации указывается совместно с параметром Load Regulation (нестабильность по нагрузке), который будет рассмотрен ниже.

**Показатели надежности.** В большинстве случаев производители используют вычисляемый показатель **MTBF** – среднее время между отказами или наработка на отказ (Mean time between failures). Значения, указываемые в документации производителей, имеют порядок 1000000 часов. Несложные подсчеты позволяют, казалось бы, сделать вывод, что этот интервал эквивалентен 114 годам круглосуточной работы. К сожалению, это не так. В реальности это обозначает, что вероятность выхода из строя модуля с таким значением MTBF в течение года равна 0,008766, то есть чуть менее одного изделия из сотни за год. Методику расчета MTBF можно найти в ГОСТ Р 27.002-2009 [3].

К **точностным** параметрам относятся следующие:

- Точность установления выходного напряжения.
- Величина пульсаций выходного напряжения.

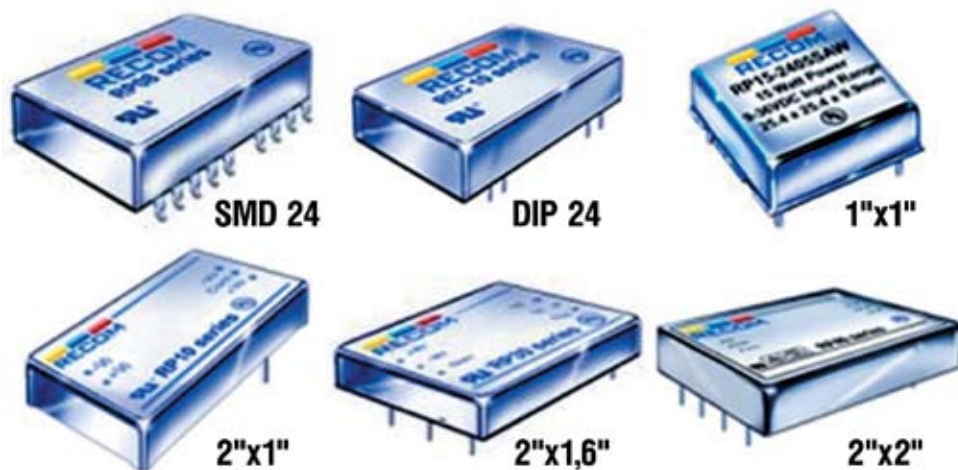


Рис. 2. Варианты конструктивного исполнения преобразователей модульного типа средней мощности

Таблица 1. Характеристики DC/DC-преобразователей мощностью 1 Вт компаний Mean Well, Rescom и Peak

Наименование	Мощность, Вт	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В							Пulsации, мВ р-р	Погрешность выходного напряжения, %	Стабильность по сети, %										
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 1 Вт (MEAN WELL)</b>																						
<u>SUS01L-XX</u>	1,0	4,5...5,5	-	+5	-	+9	+12	+15	-	100	2,0	1,2										
<u>SUS01M-XX</u>		10,8 - 13,2																				
<u>SUS01N-XX</u>		21,6...26,4																				
<u>SUS01O-XX</u>		43,2...52,8																				
<u>SPR01L-XX</u>		4,5...5,5										-	+5	-	+9	+12	+15	-	100	2,0	1,0	
<u>SPR01M-XX</u>		10,8...13,2																				
<u>SPR01N-XX</u>		21,6...26,4																				
<u>SPR01O-XX</u>		43,2...52,8																				
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 1 Вт (RECOM)</b>																						
<u>RSO-05XXS</u>	1,0	4,5...9,0	+3,3							50	2,0	0,2										
<u>RSO-12XXS</u>		9,0...18,0																				
<u>RSO-24XXS</u>		18,0...36,0																				
<u>RSO-48XXS</u>		36,0...72,0																				
<u>RSO-12XXSZ</u>		4,5...18,0	+5	-	+9	+12	+15	-				0,5										
<u>RSO-24XXSZ</u>		9,0...36,0																				
<u>RSO-48XXSZ</u>		18,0...72,0																				
<u>RY-05XXS</u>		4,5...5,5	-							100	5,0	1,0										
<u>RY-09XXS</u>		8,1...9,9																				
<u>RY-12XXS</u>		10,8...13,2																				
<u>RY-15XXS</u>		13,5...16,5																				
<u>RY-24XXS</u>	21,6...26,4																					
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 1 Вт (PEAK)</b>																						
<u>P6LG-05XX</u>	1,0	4,5...5,5	+3,3	+5		+7,2				50	2,0	0,5										
<u>P6LG-12XX</u>		10,8...13,2																				
<u>P6LG-24XX</u>		21,6...26,4																				
<u>P6MG-05XX</u>		4,5...5,5																				
<u>P6MG-12XX</u>		10,8...13,2																				
<u>P6MG-24XX</u>		21,6...26,4																				
<u>P6NG-05XX</u>		4,5...9,0																				
<u>P6NG-12XX</u>		9,0...18,0																				
<u>P6NG-24XX</u>		18,0...36,0																				
<u>P6NG-48XX</u>		36,0...72,0																				
<u>P6FG-05XX</u>		4,5...9,0											-					+24	80			
<u>P6FG-12XX</u>		9,0...18,0																				
<u>P6FG-24XX</u>		18,0...36,0																				
<u>P6FG-48XX</u>		36,0...72,0																				

Стабильность по нагрузке, %	Эффективность (КПД), %	Частота коммутации, кГц	Напряжение изоляции, В	Температурный диапазон, °С	Температурный коэффициент, %/°С	Минимальная нагрузка, % от max
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 1 Вт (MEAN WELL)</b>						
0,8	72...74	50	1000	-25...60	0,03	20
	75...80					
	78...83					
	79...83					
1,0	57...60					
	60...65					
	60...62					
	56...62					
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 1 Вт (RECOM)</b>						
0,4	68...75	200	3000	-40...85	н.д.	10
	72...83					
	70...80					
	70...83					
0,5	68...78					
	70...83					
	70...80					
1,0	55...68	50	1000	-40...70		
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 1 Вт (РЕАК)</b>						
0,5	57...68	50	3000	-40...85	0,02	0
	57...68					
	60...68					
	57...67					
	57...68					
	57...68					
1,0	67...70	100	1000	-40...85	0,02	25
	70...77					
	70...75					
	66...70					
	67...70					
	70...77					
	70...75					
	66...70					



Рис. 3. Варианты конструктивного исполнения преобразователей для монтажа на печатную плату

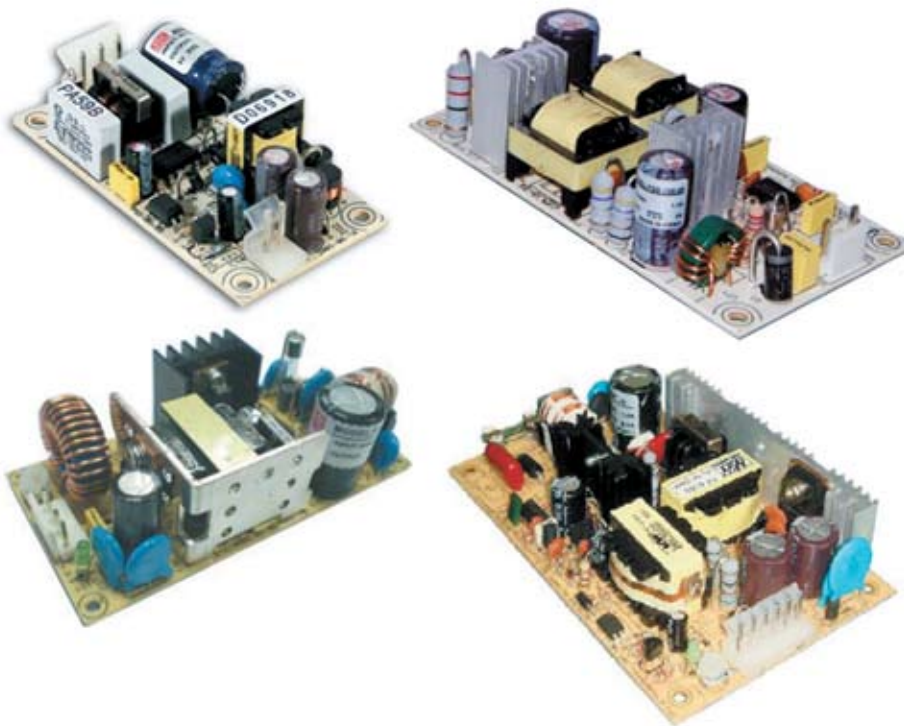


Рис. 4. Варианты конструктивного исполнения бескорпусных преобразователей



Рис. 5. Варианты конструктивного исполнения преобразователей корпусного типа

- Нестабильность по первичной цепи.
- Нестабильность по нагрузке.
- Температурный коэффициент напряжения.

**Точность установления выходного напряжения (*Voltage Accuracy*).** Несколько преобразователей одной и той же модели, работая в одинаковых условиях (входное напряжение, сопротивление нагрузки, рабочая температура и т.д.), сформируют выходные напряжения, значения которых (без учета пульсаций) будут отличаться, пусть даже незначительно. Точность установления выходного напряжения — это отклонение усредненной по времени величины реального выходного напряжения от номинального значения при определенном наборе эталонных внешних условий. Указывается в процентах от номинального значения. Иными словами, данный параметр показывает точность попадания выходного значения в номинал. Хорошей величиной для современных DC/DC-преобразователей считается  $\pm 1\%$ .

**Величина пульсаций выходного напряжения (*Ripple and Noise*).** Даже в идеальных условиях, при отсутствии пульсаций во входном напряжении и неизменном токе в нагрузке, преобразователь «шумит» в частотном диапазоне 10...100 кГц, генерируя на выходе пульсации напряжения величиной 50...500 мВ. В специальных малошумящих преобразователях, предназначенных для питания чувствительных схем, уровень шума может быть снижен до 20 мВ. В обозначении единицы измерения производитель указывает «mV p-p». Добавка «p-p» указывает, что имеется в виду не отклонение от среднего, а размах напряжения пульсаций — от минимума отрицательного пика до максимума положительного.

**Нестабильность по первичной цепи,** или нестабильность по входному напряжению (*Line Regulation*) — относительное изменение выходного напряжения в процентах при изменении разности входного и выходного напряжения в заданных пределах. При этом ток в нагрузке и значения остальных существенных параметров считаются неизменными. Значение этого параметра обычно не хуже  $\pm 2\%$ , хорошими считаются значения от  $\pm 0,5\%$  и ниже. То есть при изменении входного напряжения на 1 В изменение выходного напряжения не превысит 5 мВ.

**Нестабильность по нагрузке,** или нестабильность по напряжению (*Load Regulation*) — выраженное в процентах изменение выходного напряжения (при изменении величины нагрузки от максимума до минимума), отнесенное к номинальному значению выходного напряжения. Под минимальной нагрузкой обычно имеется в виду 10 или 20%

от максимума. Значение именно этого параметра является критерием, по которому конкретную модель относят к стабилизированному или нестабилизированному преобразователям. Преобразователи с нестабильностью по нагрузке хуже  $\pm 5\%$  принято считать нестабилизированными. Для стабилизированных преобразователей значение этого параметра обычно не хуже  $\pm 2\%$ , а хорошими (как и в предыдущем случае) считаются значения от  $\pm 0,5\%$  и ниже.

**Температурный коэффициент напряжения** (*Temperature Coefficient*) характеризует стабильность выходного напряжения при изменении рабочей температуры преобразователя. Рассчитывается как выраженное в процентах изменение выходного напряжения, отнесенное к номиналу выходного напряжения, при изменении рабочей температуры на  $1^\circ\text{C}$ . Значение  $0,03\%/^\circ\text{C}$  является наиболее типичным.

### Специальные функции

#### DC/DC-преобразователей напряжения

Большинство DC/DC-преобразователей имеют ряд дополнительных функций, расширяющих возможности их применения.

**Дистанционное управление преобразователем.** Данный вход иногда еще обозначают как «On/Off» или «Shutdown». Вход позволяет отключить выходной каскад от нагрузки, то есть выключить преобразователь. Вход может использоваться для организации определенной последовательности включения-выключения источников питания, входящих в сложную систему электропитания. Вход также может использоваться для аварийного отключения нагрузки при нештатных ситуациях. В большинстве моделей преобразователей вход дистанционного управления, оставшийся неподключенным, эквивалентен режиму включения, но, тем не менее, желательно подключить его к «плюсу» или «минусу» входной цепи в соответствии с требованиями производителя.

**Регулировка выходного напряжения.** Некоторые модели преобразователей имеют дополнительный вход регулировки. К этому входу при необходимости подключается потенциометр, изменение сопротивления которого определяет изменение выходного напряжения в некоторых пределах. Обычно этот вход используется, если на проводах, подающих питание к нагрузке, падением напряжения нельзя пренебречь. Тогда регулировка выходного напряжения позволяет компенсировать потери на проводах и довести до нагрузки напряжение требуемой величины.

Возможность **параллельного и последовательного включения.** Подавляющее большинство моделей преоб-

разователей допускает параллельное и последовательное подключение нескольких источников. Если подобные операции по каким-то причинам недопустимы, то этот факт будет специально оговорен в документации производителя. Параллельное включение двух преобразователей применяется тогда, когда требуется увеличить выходной ток до величины, превышающей максимальное значение тока нагрузки одного модуля. Последовательное подключение используется для удвоения (или кратного увеличения) выходного напряжения. Методы, весьма популярные более 30 лет назад в условиях ограниченной номенклатуры советской элементной базы. В настоящее время, по личному мнению автора данной статьи, применение этих методов является очень спорным решением: линейка преобразователей любого серьезного производителя позволяет легко подобрать один модуль с требуемыми параметрами. Кроме того, во-первых, параллельное и последовательное включение снижают КПД каждого модуля, как по отдельности, так и в совокупности. Во-вторых, значения остальных количественных параметров (точность, пульсация, нестабильность по сети и по нагрузке) становятся непредсказуемыми. Поведение защитных механизмов также прогнозируется с трудом. Иными словами, если очень хочется использовать данные способы включения, то можно, но лучше обойтись другими решениями.

**Защита от перегрузок по выходному току.** Присутствует в подавляющем большинстве современных моделей преобразователей. Реализовано по одному из двух вариантов: отключению при перегрузке и переходу в режим стабилизации выходного тока. В первом случае, при превышении максимального значения выходного тока на  $10...25\%$  (зависит от конкретной модели преобразователя), происходит отключение нагрузки от выходного каскада, то есть, выключение источника. Во втором случае происходит фиксация уровня выходного тока на предельном уровне (уровень включения защиты), а выходное напряжение уменьшается до тех пор, пока выходная мощность не будет находиться в допустимых пределах.

**Автоматический и ручной перезапуск.** В случае отключения нагрузки требуется перезапуск устройства, то есть, его повторное включение. При ручном режиме источник, если сработала защита, остается выключенным сколько угодно долго до вмешательства оператора. Если предусмотрен автоматический перезапуск, то после отключения периодически измеряются параметры перегрузки по току или мощности. Если эти параметры нормализовались, то ис-

точник запускается в штатном режиме без участия оператора. Автоматический режим реализован в большинстве современных моделей. Соответственно, если защита построена по принципу стабилизации выходного тока, то перезапуск всегда автоматический: как только выходное напряжение повысится до номинального значения, происходит переключение в режим стабилизации выходного напряжения.

**Защита от температурных перегрузок.** Повышение температуры внутри модуля сверх предельно допустимых значений вызывает отключение нагрузки. При автоматическом перезапуске повторное включение модуля произойдет, как только температура снизится до некоторого порогового значения. В ручном режиме требуется вмешательство оператора.

### Классификация DC/DC-преобразователей как законченных покупных изделий

Первым и, вероятно, основным критерием для классификации является деление преобразователей на неизолированные и изолированные. В неизолированных преобразователях общий провод цепи входного напряжения является также и общим проводом выходной цепи напряжения. То есть, входной и выходной каскады преобразователя не развязаны между собой. Неизолированные импульсные преобразователи выполнены по одной из следующих топологий: понижающий (*buck*), повышающий (*boost*) или инвертирующий (*buck-boost*) преобразователь. В изолированных преобразователях цепи входного и выходного напряжения развязаны между собой посредством трансформатора, а цепь обратной связи развязана через оптопару. Используются следующие топологии: прямодходовой (*forward*), обратходовой (*flyback*), полумостовой (*half-bridge*) и мостовой (*full-bridge*) преобразователи. Неизолированные модули применяются, как правило, в качестве PoL DC/DC-конвертеров (Point of Load – точка нагрузки), то есть, для формирования электропитания конструктивного модуля не крупнее платы или отдельного компонента (процессора, микроконтроллера, FPGA, микросхем памяти). Основной причиной использования изолированных преобразователей являются требования электрической безопасности для различных областей применения (промышленные установки, медицинское оборудование, оборудование транспортных средств и т.д.). Иногда упоминают, что наличие гальванической развязки увеличивает стоимость преобразователя, и рекомендуют использовать изолированные преобразователи только при настоящей не-

Таблица 2. Характеристики DC/DC-преобразователей мощностью 5 Вт компаний Mean Well, Rescom и Peak

Наименование	Мощность, Вт	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В					Пульсации, мВ р-р	Погрешность выходного напряжения, %	Стабильность по сети, %								
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 5 Вт (MEAN WELL)</b>																		
<u>SCW05A-XX</u>	5,0	9,0...18,0	-	+5	+9	+12	+15	-	60	2,0	0,5							
<u>SCW05B-XX</u>		18,0...36,0																
<u>SCW05C-XX</u>		36,0...72,0																
<u>SLW05A-XX</u>		9,0...18,0									0,2							
<u>SLW05B-XX</u>		18,0...36,0																
<u>SLW05L-XX</u>		36,0...72,0																
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 5 Вт (RECOM)</b>																		
<u>REC5-05XX</u>	5,0	4,5...9,0	+3,3	-	+5	+9	+12	+15	-	50	2,0	0,3						
<u>REC5-12XX</u>		9,0...18,0																
<u>REC5-24XX</u>		18,0...36,0																
<u>REC5-48XX</u>		36,0...72,0																
<u>REC5-24XX-Z</u>		9,0...36,0									-	+5	+9	+12	+15	-	200	
<u>REC5-48XX-Z</u>		18,0...72,0																
<u>REC6-05XX</u>	6,0	4,5...9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
<u>REC6-12XX</u>		9,0...18,0																
<u>REC6-24XX</u>		18,0...36,0																
<u>REC6-48XX</u>		36,0...72,0																
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 5 Вт (PEAK)</b>																		
<u>P22TG-12XX</u>	5,0	9,0...18,0	+3,3	-	+5	+9	+12	+15	-	60	1,0	0,5						
<u>P22TG-24XX</u>		18,0...36,0																
<u>P22TG-48XX</u>		36,0...72,0																
<u>P22TG-24XX-Z</u>		9,0...36,0																
<u>P22TG-48XX-Z</u>		18,0...72,0																
<u>PECO5-12XX-Z2</u>		9,0...18,0											-	+5	-	+12	+15	-
<u>PECO5-24XX-Z2</u>		18,0...36,0																
<u>PECO5-48XX-Z2</u>		36,0...72,0											+3,3	-	-	-	-	-
<u>PECO5-24XX-Z4</u>		9,0...36,0																
<u>PECO5-48XX-Z4</u>		18,0...72,0																

обходимости [4]. С этим трудно согласиться, поскольку разница в стоимости очень невелика (если она есть). Количественные характеристики изолированных преобразователей никак не ниже, чем неизолированных. И, наконец, никто не запрещает соединить общие провода входной и выходной цепей в изолированном преобразователе внешним проводником, если развязка не нужна. Номенклатура изолированных преобразователей значительно шире и нет никакой необходимости искусственно создавать ограничения в выборе модуля с требуемыми параметрами.

Второй признак классификации модулей — по конструктивному исполнению. Здесь имеет смысл принять за основу классификацию, которую использует компания Mean Well, поскольку продукция этой компании представлена во всех сегментах. Выделяют четыре класса преобразователей:

- Модульного исполнения (*Module Type*).
- Для монтажа на печатную плату (*On Board*).
- Бескорпусные (PCB).
- Корпусного (встраиваемого) типа (*Enclosed Type*).

Преобразователи модульного исполнения — наиболее широкий класс преобразователей. У каждого из рассматриваемых производителей линейка этих изделий включает несколько десятков семейств; более сотни серий, если учитывать различные диапазоны входного питания; около тысячи или более различных номеров изделий (*partnumber*). Несмотря на столь широкий спектр, модульные преобразователи унифицированы по типам корпусов, расположению и назначению выводов. Это позволяет, с одной стороны, без особых проблем улучшать технико-экономические параметры изделий за счет установки более эффективных модулей взамен модуля, выбранного на стадии разработки. С другой стороны — позволяет обезопасить серийное производство от возможных перебоев в поставках компонентов за счет значительного количества относительно эквивалентных замен. Диапазон выходных мощностей источников данного типа: 0,25...60 Вт.

На рисунке 1 представлены наиболее популярные варианты конструктивного исполнения преобразователей модульного типа малой (0,25...8 Вт) мощности.

Несколько слов о системе наименований при обозначении корпусов. Аббревиатура «SIP» обозначает Single In line Package, или корпус с одним рядом выводов. Соответственно, «DIP» — Dual In line Package, или корпус с двумя рядами выводов. Цифра после символов обозначает число выводов, включая и те, которые в реальности отсутствуют. Так, например, в корпусе SIP7, представленном на рисунке 1, в наличии только шесть выводов, отсутствует вывод 3, но длина корпуса определяется соотношением «семь выводов с шагом 2,54 мм». Аналогично, на видимой стороне корпуса DIP16 присутствуют только выводы 1, 7 и 8, но длина корпуса определяется соотношением «восемь выводов (на одной стороне корпуса) с шагом 2,54 мм». Для корпусов поверхностного монтажа цифра может обозначать и число выводов, реально присутствующих в корпусе (например, SMD6 и SMD7 на рисунке 1), так и число «знакомест» (SMD8 и SMD10).

На рисунке 2 представлены наиболее популярные варианты металлических корпусов для модулей средней мощности (10...60 Вт). Для мощностей 10...15 Вт могут применяться металли-

Стабильность по нагрузке, %	Эффективность (КПД), %»	Частота коммутации, кГц	Напряжение изоляции, В	Температурный диапазон, °С	Температурный коэффициент, %/°С	Минимальная нагрузка, % от max
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 5 Вт (MEAN WELL)</b>						
0,5	75...81	50	1000	-40...70	0,03	20
	77...83					
	77...83			-25...70		
	75...81					
	77...81					
77...85						
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 5 Вт (RECOM)</b>						
0,6	72...75	120	6000	-40...75	н.д.	20
	75...85					
	75...85					
	77...86	200				
	77...84					
	76...85					
	80...83	100	10000			
	81...84					
	82...86					
77...82						
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 5 Вт (PEAK)</b>						
0,5	73...81	266	3500	-40...85	0,02	10
	75...82					
	75...83					
	75...82	100				
	75...82					
	75...81					
	78...82	200	-20...70			
	77...80					
	70...80					
68...77						

ческие корпуса с типоразмером корпуса микросхем DIP24 в вариантах как для поверхностного монтажа, так и для монтажа в отверстие. Для мощностей от 15 Вт и выше применяется «дюймовое» обозначение корпуса, например 2"х1", что обозначает внешние размеры корпуса 50,8х25,4 мм. Однако какие-то общие закономерности о количестве выводов и об их расположении не оговариваются.

Преобразователи для монтажа на печатную плату присутствуют только в номенклатуре компании Mean Well. Нельзя сказать, что название класса выбрано компанией Mean Well удачно — преобразователи в модульном исполнении также предназначены именно для монтажа на печатную плату, без исключения. Принципиальная разница в следующем: модульные преобразователи выполнены в пластиковом или металлическом корпусе и доступ к элементам исключен. Модули для монтажа на плату выполнены в виде печатной платы, в некоторых случаях — с радиатором. Модули Mean Well серии **NSD** (три нижних изображения на рисунке 3) устанавливаются на плату горизонтально, выводами в отверстия и удержива-

ются только за счет пайки — какие либо крепежные отверстия отсутствуют. Модули серии **NID** (два верхних изображения) устанавливаются вертикально и, при необходимости, могут крепиться к радиатору. Модули NID — единственные неизолированные модули в линейке Mean Well. Диапазон мощностей: от 5 до 15 Вт для серии NSD; 30 и 60 Вт — для серии NID.

Бескорпусные преобразователи присутствуют, в основном, только в номенклатуре компании Mean Well (есть еще одна модель **PR15(OFM)** в линейке Rescom). Представляют собой законченную плату, устанавливаемую на шасси и закрепляемую винтами через крепежные отверстия. Электрические соединения осуществляются через стандартные разъемы. Данный класс представлен одной серией изделий **PSD** с выходной мощностью 5, 15, 30 и 45 Ватт. Варианты конструктивного исполнения источников данного типа показаны на рисунке 4.

Преобразователи корпусного типа также присутствуют только в номенклатуре Mean Well. Класс представлен сериями **SD** (с диапазоном выходных мощностей от 15 до 1000 Ватт) и **RSD**

(с диапазоном 100...300 Ватт). Конструктивное исполнение преобразователей данного класса иллюстрируется рисунком 5. Источники выполнены в виде платы, но, в отличие от бескорпусных моделей, помещены в корпус. Электрические соединения осуществляются через винтовые клеммы.

Наконец, третий признак, по которому может осуществляться классификация преобразователей — число каналов в одном модуле. Наиболее популярный вариант — одноканальные источники положительного напряжения. Двухканальные источники предлагаются, как минимум, в трех исполнениях:

- Два комплементарных канала (например, первый канал +5 В, а второй -5 В).
  - Два независимых канала одного номинала (например, два канала напряжением +5 В). Такие модели встречаются в номенклатуре компаний Peak и Rescom.
  - Два независимых канала разного номинала (например, первый канал +5 В, а второй +12 В). Подобные модели есть в линейке компании Peak.
- Трехканальные источники включают в себя два комплементарных канала

Таблица 3. Характеристики DC/DC-преобразователей мощностью 30 Вт компаний Mean Well, Resom и Peak

Наименование	Мощность, Вт	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В								Пульсации, мВ р-р	Погрешность выходного напряжения, %																	
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 30 Вт (MEAN WELL)</b>																													
<u>SKM30A-XX</u>	30	9,0...18,0	—	+5	—	—	+12	+15	—	—	60	2,0																	
<u>SKM30B-XX</u>		18,0...36,0																											
<u>SKM30C-XX</u>		36,0...72,0																											
<u>SDM30A-XX</u>		9,0...18,0									+3,3	—	—	+12	+15	—	—	100	3,0										
<u>SDM30B-XX</u>		18,0...36,0																											
<u>SDM30C-XX</u>		36,0...72,0																											
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 30 Вт (RECOM)</b>																													
<u>PR30-12XX-F</u>	30	9,0...18,0	—	+5	—	—	+12	+15	—	—	150	1,0																	
<u>PR30-24XX-F</u>		18,0...36,0																											
<u>PR30-48XX-F</u>		36,0...72,0																											
<u>PR30-24XX-FW</u>		9,0...36,0																											
<u>PR30-48XX-FW</u>		18,0...75,0																											
<u>PR30-12XX-E</u>		9,0...18,0																											
<u>PR30-24XX-E</u>		18,0...36,0									+3,3	—	—	+12	+15	—	—	75											
<u>PR30-48XX-E</u>		36,0...72,0																											
<u>PR30-24XX-FW</u>		10,0...40,0																											
<u>PR30-48XX-FW</u>		18,0...75,0																											
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 30 Вт (PEAK)</b>																													
<u>P30PG-12XX</u>		30																	9,0...18,0	+3,3	+5	—	—	+12	+15	—	—	100	1,0
<u>P30PG-24XX</u>	18,0...36,0																												
<u>P30PG-48XX</u>	36,0...72,0																												
<u>PK30WG-24XX</u>	9,0...36,0		—	—	—	+12	+15	—	—	60	2,0																		
<u>PK30WG-48XX</u>	18,0...72,0																												
<u>P30WG-12XX</u>	9,0...18,0																												
<u>P30WG-24XX</u>	18,0...36,0																												
<u>P30WG-48XX</u>	36,0...72,0		+3,3	—	—	—	—	—	—	100	1,0																		
<u>P30WG-24XX-Z</u>	9,0...36,0																												
<u>P30WG-48XX-Z</u>	18,0...72,0																												
<u>PH30YG-12XX</u>	9,0...18,0											—	—	—	—	—	—	—	+24									80	2,0
<u>PH30YG-24XX</u>	18,0...36,0																												
<u>PH30YG-48XX</u>	36,0...72,0																												

одного номинала и один канал другого номинала, например +5 и ±12 В.

**Сравнение номенклатуры модульных преобразователей компаний Mean Well, Resom и Peak**

Довольно большое количество семейств в данном классе DC/DC-преобразователей делает затруднительным в рамках одной статьи сравнение номенклатуры продукции по всему диапазону выпускаемых устройств. В связи с этим, мы проведем сравнение по нескольким «точечным» позициям. Эту будут изолированные, стабилизированные одноканальные преобразователи с разной выходной мощностью: маломощные (1 и 5 Вт) преобразователи и преобразователи средней мощности (30 Вт). При этом, семейства, обладающие очень близкими количественными параметрами, но выпускаемые в различных корпусах, мы будем рассматривать как разные. И наоборот — семейства, выпускаемые в корпусе одного типа, но отличающиеся по какому-то одному параметру (напряжение изоляции, к примеру),

будем считать одним семейством, указав в таблице наилучшее значение варьируемого параметра.

В таблице 1 представлены характеристики одноваттных DC/DC-преобразователей от трех рассматриваемых производителей.

Компания Mean Well предлагает два семейства: **SUS01** в корпусе **DIP16** и **SPR01** в корпусе **SIP7**. Оба семейства предназначены для работы в четырех «узких» диапазонах входных напряжений, в каждом из диапазонов представлены четыре варианта значений выходного напряжения. Точностные параметры преобразователей — чуть хуже среднего уровня, температурный диапазон — похуже, чем у конкурентов. Серия SUS01, по крайней мере, имеет хорошее значение КПД, но SPR01 не имеет и этого. Единственное достоинство серии SPR01 (не указанное в таблице) — это очень невысокая цена, что дает возможность отнестись к перечисленным недостаткам снисходительно. Одноваттных преобразователей широкого входного диапазона в линейке Mean Well на данный момент нет.

Преобразователи семейства **RY** в линейке Resom по своим характеристикам во многом близки к SPR01, более того, выпускаются в том же корпусе SIP7. Точность хуже, температурный диапазон шире, но, в целом, изделия одного уровня. Но семейство **RSO** существенно отличается в лучшую сторону широкий диапазон входного напряжения класса «2:1» и «4:1», дополнительный номинал выходного напряжения +3,3 В, очень хорошие показатели точности, повышенная электрическая прочность изоляции, высокий КПД, широкий диапазон рабочих температур.

Линейка компании Peak отличается от конкурентов действительно широким разнообразием: пары **P6LG (P6MG)** и **P6NG (P6FG)** имеют очень близкие характеристики, но выпускаются в различных корпусах **SIP8 (DIP16)**. Представлены преобразователи как узкого, так и широкого диапазона входных напряжений. В паре семейств **P6LG (P6MG)**, кроме традиционных значений, присутствует не только номинал выходного напряжения +3,3 В, но и достаточно спец-

Стабильность по сети, %	Стабильность по нагрузке, %	Эффективность (КПД), %	Частота коммутации, кГц	Напряжение изоляции, В	Температурный диапазон, °С	Температурный коэффициент, %/°С	Минимальная нагрузка, % от max		
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 30 Вт (MEAN WELL)</b>									
0,2	0,5	88...89	300	1500	-40...75	0,03	10		
		88...90							
		88...90							
1,0	1,0	77...80	225	1000	-25...85				
		79...83							
		80...85							
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 30 Вт (RECOM)</b>									
0,2	0,5	85...89	430	1600	-40...85	0,02	0		
		87...91							
		87...91							
		86...89							
		86...91							
		85...88							
		86...89							
0,5	0,5	87...90	300						
		87...88							
		87...88							
<b>МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ 30 Вт (PEAK)</b>									
0,5	0,5	82...85	125	1500	-40...55	0,02	0		
		80...87							
		79...88							
	1,0	1,0	88...90	400				10	
			88...90						
	0,5	0,5	89...92	330	1600		-40...50	0	
			91...92						
			90...91						
			89...91						
			89...91						
			82...84						
	0,5	0,5	83...84	250	1500		-40...70	0,05	25
			84...85						

и фичные +7,2 В. В паре P6NG (P6FG) к номиналу +3,3 В добавлены +24 В. Семейства P6LG и P6MG по значениям КПД близки к семействам **SPR01** и **RY** компаний-конкурентов, но при этом — лучше по точности, имеют более высокое значение напряжения изоляции, очень широкий температурный диапазон и не предъявляют требований по минимальной нагрузке. Семейства P6NG и P6FG по эффективности не дотягивают до 80%, по остальным параметрам смотрятся на одном уровне с SUS01, но хуже, чем RSO.

В таблице 2 представлены характеристики преобразователей мощностью 5 Вт.

Для преобразователей мощностью 5 Вт все производители выбрали корпус **DIP24** (единственное исключение — преобразователь **SLW05** от Mean Well — выполнен в корпусе 2"x1"). Выровнялась эффективность моделей у различных производителей — КПД источников имеют примерно одинаковые значения. Традиционно, у Peak самая широкая номенклатура предлагаемых номиналов в

сочетании с хорошими точностными характеристиками. Номенклатура Mean Well ограничена наиболее популярными номиналами выходных напряжений, модули входного диапазона «4:1» в линейке отсутствуют. Традиционный плюс источников Mean Well — лучшая по сравнению с конкурентами цена. В линейке Resom все модели с хорошими параметрами вполне достаточной номенклатуры, но имеет смысл выделить семейство **REC06** (хотя, формально, мощность этих модулей равна 6 Вт), поскольку, в сочетании с несколько более высоким КПД, они гарантируют электрическую прочность изоляции, равную 10000 В, что опережает возможности и Mean Well, и Peak.

Наконец, рассмотрим преобразователи мощностью 30 Ватт, представленные в таблице 3.

Мы наблюдаем, что количественные значения параметров модулей различных производителей практически выровнялись. Как и в предыдущих случаях, Mean Well ограничился двумя семействами, вновь проигнорирован ди-

апазон входных напряжений «4:1», и вновь представлены только самые востребованные номиналы выходного напряжения. Модули Resom выполнены в двух вариантах корпусного исполнения (2»x1» и 2»x1,6»), причем каждый вариант содержит модели диапазона «2:1» и «4:1». Компания Peak вновь предложила очень широкую номенклатуру, как по номиналам, так и по исполнению, подтвердив свое лидерство по количеству позиций в линейке.

**Заключение**

Компания Mean Well имеет наиболее широкую номенклатуру конструктивных исполнений DC/DC-преобразователей. Помимо традиционных модульных преобразователей, как уже упоминалось, присутствуют бескорпусные и корпусные исполнения и конструкции для монтажа на плату. Нерегулируемые и неизолированные преобразователи представлены в номенклатуре отдельными сериями и, в целом, для данного производителя являются нехарактерными. Другими словами, это качественные изделия с хороши-

ми значениями ключевых параметров, без особого разнообразия, но во всевозможных конструктивных исполнениях. И еще раз обратим внимание: продукция Mean Well с точки зрения цены выглядит гораздо симпатичнее по сравнению с конкурентами.

Номенклатура Peak имеет достаточное разнообразие моделей в рамках одного семейства — как правило, перебираются все варианты входных и выходных номиналов. Схожие модели часто предложены в нескольких вариантах конструктивного исполнения. Эксплуатационные и точностные характеристики не выдающиеся, но вполне приемлемы для большинства приложений.

Основная отличительная черта продукции Resom, та же — разнообразие вариантов. В том числе, для моделей средней (10...20 Вт) и большой (30...50 Вт) мощности. В линейке изделий попадают серии, в которых один или несколько параметров доведены до эталонного значения: серия с очень высокой электрической прочностью (до 10000 В), серия с чрезвычайно широким температурным диапазоном (-55...100°C), серия маломощных повышающих преобразователей с высоким выходным напряжением (до 210 В постоянного тока).

Широко представлена номенклатура нестабилизированных и неизолированных преобразователей. Если выделить главную отличительную черту продукции Resom, то это функциональное разнообразие предложенных решений.

Если рассматривать продукцию трех компаний в целом, то для любого приложения найдется приемлемое решение.

#### Литература

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному.— М.: СОЛОН-Пресс, 2005.

2. Гончаров А., Негреба О. Особенности применения модулей вторичного электропитания с расширенным диапазоном входного напряжения. // Современная электроника, 2008, №7.

3. ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Термины и определения.

4. Кнаубер П. Как правильно выбрать DC/DC-преобразователь. // Электронные компоненты, 2011, №2.

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

#### ERP — семейство новых экономичных источников питания от Mean Well

С увеличением стоимости электроэнергии энергосберегающие требования к электронным устройствам становятся более строгими. В ответ на это компания Mean Well разработала новое семейство источников питания в открытом исполнении — **ERP**. Новое семейство источников представлено тремя сериями на мощности: 100, 150, и 300 Вт (**ERP-100, ERP-150, ERP-300**).

Источники серии ERP характеризуются повышенным значением КПД (до 93%), малой потребляемой мощностью на холостом ходу (менее 0,5 Вт), наличием активной схемы коррекции коэффициента мощности и высокой компактностью. Источники мощностью 100/150 Вт имеют размер 4"x2", а источники мощностью 300 Вт — 5"x3". ERP, наряду с уже выпускаемым семейством открытых источников питания EPS, позволяют обеспечить электронные изделия экономичными и компактными источниками питания в диапазоне мощности от 35 до 300 Вт.

Новое семейство преобразователей работоспособно в диапазоне температуры -30...70°C. Без дополнительного охлаждения источники можно эксплуатировать на мощности до 75% до температуры 50°C и со снижением мощности до 45% при температуре 70°C. Если применить внешний обдув источников со скоростью движения воздушного потока 20 CFM, новые источники можно эксплуатировать на полной мощности до 50°C и со снижением мощности до 60% при температуре 70°C.

Для питания вентилятора или каких-либо других целей рассматриваемые источники имеют дополнительный выход +12 В/0,3 А; серия ERP-300 дополнительно к этому имеет выход +5 В/1 А StandBy. Изделия обладают необходимым комплексом защиты от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения на выходе и от перегрева.

#### Основные технические параметры

- Выходная мощность 100, 150, 300 Вт
- Выходное напряжение 12, 15, 24, 27, 48 В
- Диапазон входного напряжения AC (90...264) В; DC (127...370) В
- Коэффициент коррекции мощности >0,95
- КПД до 93%
- Мощность потребляемая без нагрузки менее 0,5 Вт.

**PEAK electronics**  
THE WORLD OF DC/DC-CONVERTERS

**PO/HS – новая серия DC/DC-преобразователей с установленным радиатором**

**ОСОБЕННОСТИ**

- Широкий диапазон входного напряжения: 4:1
- Выходная мощность: 20, 30, 40, 60 Вт
- Высокая эффективность
- Однополярный/биполярный выход
- Дистанционное управление
- Латунный никелированный корпус: 2"x1"/2"x2"
- Температурный диапазон работы: -40...85°C

Москва  
Тел: (495) 995-0901, доб. 2380  
Звонарев Евгений  
E-mail: zvonaREV@compel.ru

Санкт-Петербург  
Тел: (812) 327-9403, доб. 4260  
Селезнев Михаил  
E-mail: sma.spb@compel.ru

**Компэл**  
www.compel.ru