

Александр Друзь | alexandr.druz@eltech.msk.ru

# Чем питать светодиоды от сети ~220 В?

**Статья продолжает тему, начатую в журнале «Полупроводниковая светотехника» № 1 2010 г. Представлен обзор новых моделей источников питания для светодиодных систем компании Mean Well. Приведены схемы включения, рекомендации по применению.**

## Введение

Надежные и недорогие источники питания (ИП), выпускаемые Mean Well, давно известны в России. Появившиеся в последнее время преобразователи для светодиодных систем упрочили репутацию компании как производителя ИП, заслуживающего доверия. Со времени написания предыдущей статьи [1] прошел достаточно большой период времени, и количество моделей преобразователей для питания светодиодных систем увеличилось более чем в два раза. Правильно сориентироваться в двух десятках семейств затруднительно, требуется определенное время, чтобы разобраться во всех нюансах. А появление новых нормативных документов [2, 3] для осветительных приборов привело к пересмотру требований к источникам питания. Теперь отдельно прописаны технические характеристики светодиодных светильников, такие как коэффициент мощности, энергоэффективность, уровень пульсаций. Пожалуй, наиболее актуальным требованием является обеспечение минимально допустимого значения коэффициента мощности для систем светодиодного освещения мощностью от 25 Вт (не менее 0,85) и 5–25 Вт (не менее 0,7). Ранее (при отсутствии данного норматива) широко применялись преобразователи без коррекции коэффициента мощности, он при этом составлял 0,4–0,6. Минимально допустимые значения световой отдачи (энергоэффективности) варьируются в зависимости от условий эксплуатации светильника в пределах 50–70 лм/Вт. Этот параметр зависит от нескольких факторов: эффективности применяемых светодиодов, оптической системы и, в значительной степени, от КПД использованного источника питания. Хотя сказать точно, какой требуется минимальный КПД, без точных расчетов или экспериментальной проверки трудно. Довольно часто разработчики светильников выдвигают требование к КПД не менее 90%, совершенно не оговаривая условий измерения данного параметра — в каком диапазоне нагрузок и входных напряжений, при какой температуре. В данном случае окончательным критерием следует считать комплексные испытания конечного

изделия. То же относится и к коэффициенту пульсации освещенности  $K_p$ . Его максимальная величина может ограничиваться 5% для мест с высокими требованиями к качеству освещения и не регламентироваться для ряда других. Так как яркость свечения светодиода пропорциональна протекающему через него току и инерционность свечения у светодиодов практически отсутствует, то пульсации освещенности всей системы будут определяться пульсациями тока ИП, которые в документации обычно не приводятся. Чаще всего можно встретить размах «шума и пульсаций» по напряжению, но судить по нему о пульсациях освещенности, с учетом вольт-амперной характеристики светодиода, можно лишь весьма приблизительно, поскольку методики измерений пульсаций источника и освещенности сильно различаются, и окончательный ответ дают результаты измерений с помощью специального оборудования — люксметров-пульсметров.

## Обзор продукции и планы Mean Well

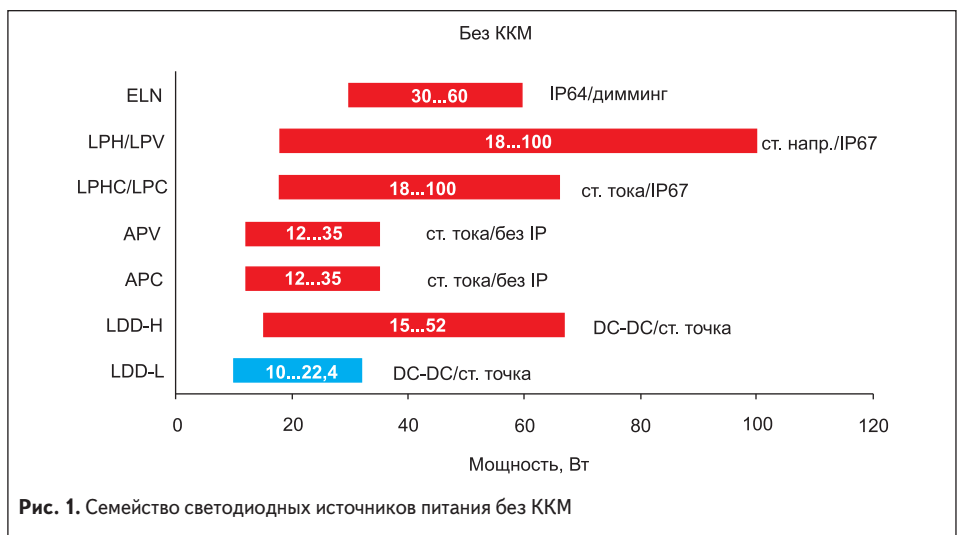
Компания предлагает широкий выбор специализированных ИП для решения боль-

шинства задач, встающих как при разработке серийных моделей светильников, так и при создании разнообразных индивидуальных проектов. Компания ЭЛТЕХ поставляет серийные источники Mean Well от одной штуки, что облегчает задачу изготовления опытных образцов светильников, подбора нужной модели, проверки работы в конкретных условиях. Для первичной ориентировки на диаграммах рис. 1 и 2 приведены модели семейства светодиодных ИП с краткими характеристиками.

В планах компании — расширение существующих серий новыми моделями по мощности как в большую, так и в меньшую стороны; замена преобразователей первого поколения на новые с применением передовых схемных решений, позволяющих улучшить технико-эксплуатационные параметры. В ближайшее время ожидается выпуск ИП с цифровым адресным интерфейсом освещения (Digital Addressable Lighting Interface, DALI) для одновременного управления десятью приборами.

Конечно, не стоит забывать, что большинство рассмотренных источников можно использовать для общего применения и, наоборот, для многих случаев могут подойти стандартные AC/DC-преобразователи, выпускаемые Mean Well в широком ассортименте.

Рассмотрим более подробно, что в настоящее время предлагает компания для светодиодных систем.



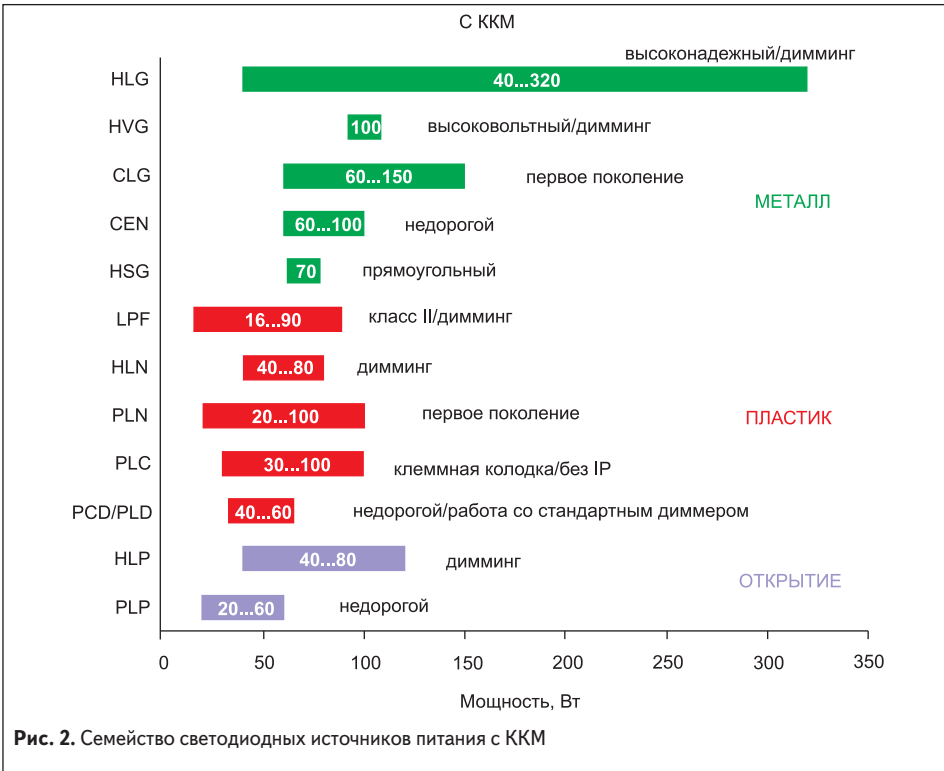


Рис. 2. Семейство светодиодных источников питания с ККМ

**Серия HLG**

Представители серии HLG (рис. 3) имеют наиболее широкую номенклатуру из всех источников питания для светодиодов, в них входят более 300 моделей девяти величин мощности. В данное семейство, являющееся развитием популярной серии CLG, входят преобразователи мощностью 40–320 Вт. Они выпускаются в металлическом корпусе со степенью защиты от внешних воздействий IP65–67.

Источники имеют пять видов конструктивного исполнения (-/A/B/C/D) с различными схемными особенностями. Модели исполнения «А» имеют регулировку выходного напряжения и уровня ограничения выходного тока. Регулировка осуществляется встроенными потенциометрами, которые закрываются герметизирующими заглушками. Преобразователи с индексом «В» имеют входной кабель для регулировки яркости светодиодов (диммирования) одним из трех

способов («3 в 1»): изменением постоянного напряжения в диапазоне 1–10 В; ШИМ-сигналом; внешним потенциометром. При регулировке яркости одним потенциометром у нескольких преобразователей номинальную величину потенциометра (100 кОм) следует уменьшать в количестве раз, равное числу подключенных входов управления. Например: для управления тремя преобразователями выбираем переменный резистор 33 кОм ( $100 \text{ кОм} / 3 = 33 \text{ кОм}$ ). А при управлении постоянным напряжением 1–10 В, ток, потребляемый каждым входом, составляет 0,1 мА. Следовательно, схема управления должна быть рассчитана на ток не менее чем 0,1 мА, помноженный на количество управляемых источников. Ранее производимые модели HLG-240-xxB и HLG-240H-xxB, имевшие управление только потенциометром, в настоящее время модернизированы и могут управляться так же, как и остальные модели HLG (любым из трех способов).

Модели HLG-240H-xxC и HLG-320H-xxC аналогичны исполнению «А», но вход и выход выполнены в виде клеммных колодок с креплением проводников винтами. Такое конструктивное



Рис. 3. Источники питания серии HLG

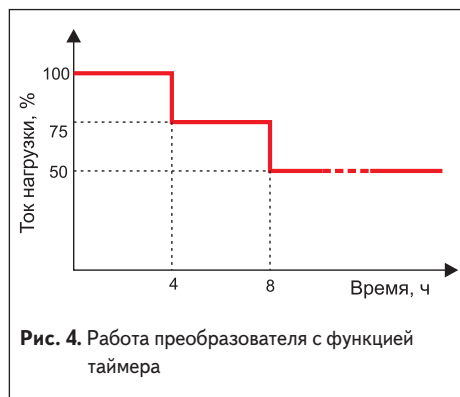


Рис. 4. Работа преобразователя с функцией таймера

исполнение привело к тому, что герметизация приборов не обеспечивается и степень защиты по IP не нормируется.

Преобразователь с индексом «D» имеет возможность ступенчатой регулировки выходного тока по таймеру, управляемому микропроцессором, предварительно запрограммированному по требованиям заказчика на производстве. Запуск таймера производится при включении. Допускается программирование четырех уровней ограничения тока в течение четырех временных интервалов (три точки переключения) за один цикл (рис. 4). Перезапуск производится выключением питания. Количество уровней тока и временных интервалов может быть уменьшено.

В моделях без индекса в конце названия отсутствует возможность подстройки тока и напряжения, но при этом степень защиты от внешних воздействий соответствует IP67.

Одним из важнейших параметров преобразователей для наружного применения для российских потребителей является возможность работы при низких температурах. Данные преобразователи могут работать при температурах от -40 °С, в отличие от ранее разработанных моделей с нижним пределом рабочей температуры -25...-30 °С.

Данные источники, также как и их прототипы серии CLG, работают в комбинированном режиме стабилизации. До достижения номинального значения выходного тока на выходе поддерживается стабильное напряжение, при большем увеличении нагрузки стабильным поддерживается выходной ток. Рабочий диапазон выходного напряжения, при котором поддерживается стабилизация тока, составляет 50(60)–100 % от номинального. При еще большем увеличении нагрузки источник переходит в режим защиты. В моделях до 100 Вт, 240 и 320 Вт — это импульсный режим защиты (hiccup), при этом источник периодически включается, контролируя величину нагрузки, и отключается в случае сохранения аварийной ситуации. А для серий HLG-100H–HLG-185H защита осуществляется ограничением тока. При снятии перегрузки источник автоматически возвращается в рабочий режим.

Большинство моделей выпускаются с индексом «Н» и могут работать с повышенным входным напряжением — до 305 В АС. У моделей без индекса «Н» диапазон входных напряжений составляет 90–264 В АС. Входные цепи преобразователей устойчивы к входным импульсам до 4 кВ, создаваемым молниями и коммутационными процессами, что позволяет им работать с низкосортными силовыми сетями. А построение схемы с раздельным каскадом активного ККМ во входной цепи, соответствующего стандарту EN61000-3-2 class C по гармоническим помехам, позволяет использовать данные источники питания в световых приборах. Преобразователи имеют защиту от короткого замыкания и перегрузки на выходе, превышения выходного напряжения и перегрева.

**Серия HLN /HLP**

Для удешевления проектов Mean Well предлагает вместо преобразователей HLG мощностью 40,

60 и 80 Вт использовать преобразователи HLN в пластиковом корпусе со степенью защиты от внешних воздействий IP64 или HLP, выполненные в виде открытой платы (рис. 5). При этом основные электрические параметры остаются теми же, что и у соответствующих преобразователей в металлическом корпусе серии HLG.



Рис. 5. Источники питания серий HLP и HLN

По сравнению с ранее разработанными сериями первого поколения PLN-45/60/100 и PLP-45/60/100 новые модели имеют не только КПД на 0,5–4% больше, двухступенчатую схему КKM и, следовательно, пониженные шумы и пульсации, но и могут запускаться при температурах от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при входном напряжении 230 В AC), в отличие от PLN/PLP, работающих при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Преобразователи HLN производятся двух модификаций: с индексом «А», имеющие возможность подстройки выходного напряжения и уровня ограничения выходного тока встроенными потенциометрами, и с индексом «В», допускающие регулировку яркости (диммирование) подключенных светодиодов по кабелю одним из трех способов, рассмотренных выше. Серия HLP не имеет модификаций, каждый преобразователь позволяет производить подстройку напряжения и тока встроенными потенциометрами и осуществлять диммирование.

**Серия HSG**

Серия HSG (рис. 6) является одной из новых. В настоящее время выпускается 70-Вт версия — HSG-70. По параметрам данные преобразователи схожи с HLG и отличаются от них более широким и укороченным металлическим корпусом, близким к квадратному, с размерами 127×90×38,8 мм. Входные и выходные кабели расположены на одной стороне корпуса для упрощения электромонтажных работ. Такая конструкция позволяет разместить HSG-70 в местах, где источники в длинных корпусах установить невозможно. Подстройка точки ограничения выходного тока осуществляется встроенным потенциометром.



Рис. 6. Источники питания серии HSG

Источники выполнены в алюминиевом корпусе и залиты теплопроводным компаундом, имеют степень защиты IP65. Данные преобразователи имеют высокий КПД (до 90% при входном напряжении от 230 В AC) и могут работать при температурах от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Помимо систем освещения ИП серии HSG-70 могут использоваться для питания промышленного оборудования и устройств автоматики там, где требуются надежные источники, способные работать как снаружи, так и внутри помещений, при повышенной влажности и загрязненности. Данное семейство предполагается расширить добавлением 50- и 100-Вт моделей.

**Серия CEN**



Рис. 7. Источники питания серии CEN

Альтернативой дорогостоящим преобразователям HLG могут являться модели серии CEN (рис. 7). Они выполнены в алюминиевом корпусе, имеют степень защиты от воздействия окружающей среды IP66 и конструктивно похожи на HLG. Преобразователи этой серии имеют мощность 60, 75, 100 Вт с большим набором выходных токов и напряжений. Основным отличием данных ИП является то, что они построены по однокаскадной схеме; ключевой транзистор и контроллер выполняют функции как КKM, так и преобразователя, со всеми присущими такому решению недостатками, рассмотренными в предыдущей статье [1].

Подстроечные потенциометры, закрываемые заглушками, позволяют регулировать выходное напряжение в пределах  $\pm 10\%$  от номинального, а точку начала ограничения тока можно выбирать в пределах 75–100% от номинального. Преобразователи данной серии нельзя рекомендовать к применению в качестве источников питания общего назначения из-за повышенных пульсаций и нестабильности выходного напряжения.

**Серия LPF**

В последнее время все большей популярностью пользуется серия LPF (рис. 8). Это объясняется недавно введенным требованием к осветительным устройствам по минимальной величине коэффициента мощности для систем светодиодного освещения. Рассматриваемая серия полностью удовлетворяет данным требованиям, отдельный активный КKM позволяет получить коэффициент мощности более 0,9 в сочетании с низкими пульсациями и стабильной работой. А неразборная конструкция пластикового корпуса с заливкой компаундом обеспечивает высокую степень защиты от воздействия окружающей среды (IP67) и позволяет удешевить изделия. В настоящее время выпускаются модели мощностью 40, 60 и 90 Вт, но в ближайшее время появятся модели и с меньшей мощностью — 16 и 25 Вт.



Рис. 8. Источники питания серии LPF

Отдельно выпускаются серии с функцией димминга «3 в 1» (LPF-xxD), позволяющие регулировать ограничение выходного тока в диапазоне 10–108% от номинального. Регулировка яркости подключенных светодиодов производится одним из трех способов и по одному и тому же входу, что становится традиционным для компании Mean Well и применяется во всех новых моделях с диммированием. Преобразователи имеют высокий КПД и могут работать при низких температурах (от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). По электробезопасности преобразователи относятся ко II классу, с двойной изоляцией без заземляющего провода.

**Серии PLD-16/25 и PCD-16/25**

Для маломощных светильников могут подойти малогабаритные AC/DC-драйверы мощностью 16 и 25 Вт. В отличие от LPHC/LPLC-18, LPC-20, LPC-35 и LPC-60, источники PLD и PCD (рис. 9) имеют встроенный активный КKM, комбинированный с ШИМ-контроллером (однокаскадный). Это позволяет светильникам



Рис. 9. Источники питания серий PLD и PCD

с данными драйверами соответствовать нормативным требованиям к минимально допустимым значениям коэффициента мощности для светодиодных ламп 5–25 Вт — не менее 0,7 [2]. Данные преобразователи предназначены для работы только в режиме стабилизации тока, величина тока фиксированная и зависит от выбранной модели. Входной диапазон напряжений 180–295 В AC позволяет преобразователям работать с низкокачественными сетями питания, в которых могут быть скачки напряжения. ИП PLD/PCD выпускаются в пластиковом, полностью изолированном неразборном корпусе, со степенью защиты от внешних воздействий IP30.

Преобразователи PCD могут работать со стандартными диммерами, применяемыми для ламп накаливания с отсечкой по переднему или заднему фронту. Это позволяет использовать с небольшими доработками имеющуюся ранее проводку для ламп накаливания с устройствами регулировки яркости и для светодиодного освещения. Следует отметить, что коэффициент мощности при промежуточных положениях регулятора яркости будет изменяться в больших пределах, и получить КМ, соответствующий требуемым нормативам, во всем диапазоне регулировки не удастся. То же относится и к коэффициенту пульсаций выходного тока. Исходя из вышесказанного, очевидно, что применять драйверы PCD следует в системах, не требующих сертификации.

### Серия AP



Рис. 10. Источники питания серий APV и APC

Наименьшей мощностью из всего семейства светодиодных драйверов обладают преобразователи серий APV-12, APC-12, APV-16 и APC-16 (рис. 10). Они работают в широком диапазоне входных напряжений 90–264 В AC и имеют выходную мощность 12 и 16 Вт, причем модели APV-12 и APV-16 работают в режиме стабилизации напряжения, а APC-12 и APC-16 — в режиме стабилизации выходного тока. Подключение ко входной сети двухпроводное, по электробезопасности драйверы относятся ко II классу (без заземляющего контакта, с двойной изоляцией).

Пластиковый неразборный корпус имеет степень защиты от внешних воздействий IP30. Источники предназначены для использования в помещении. В данных моделях отсутствует ККМ, корпус не имеет защиты от влаги, что позволило максимально уменьшить их размеры и стоимость. Источники мощностью 16 Вт имеют частичную заливку печатной платы теплопроводящим компаундом, позволяющую улучшить тепловой режим, пыле- и влагозащиту.

### Серия HVG(C)

AC/DC-преобразователи HVG и HVGC отличаются от остальных представителей рассматриваемого семейства диапазоном входного напряжения — 180–480 В AC, что позволяет питать их как от однофазных, так и от трехфазных сетей в однофазном включении. Конструктивно преобразователи выполнены в металлических корпусах с IP65–67 и внешне похожи на серию HLG (рис. 3). ИП HVG-100 работают в комбинированном режиме стабилизации напряжения или тока, как у серии HLG, а HVGC-100 являются стабилизаторами тока с высоковольтным выходом (до 285 В). HVGC-100 — это первая серия преобразователей производства Mean Well, перешагнувшая 60-В предел выходного напряжения. Данные драйверы давно востребованы на российском рынке, они позволяют разрабатывать мощные светильники, в которых все светодиоды включены последовательно (рис. 11). Общее количество одноваттных диодов может достигать 80. Простое построение выходной цепи не требует включения дополнительных токовыравнивающих элементов и подбора светодиодов по прямому падению напряжения и позволяет при этом получить равномерную яркость свечения всех светодиодов. Однако стоит заметить, что при обрыве контакта в любом из светодиодов погаснет весь светильник, чего не бывает при последовательно-параллельном или матричном включении светодиодов. Также добавим, что существуют защитные диоды, устанавливаемые параллельно каждому диоду, которые позволяют протекать току в обход светодиода в оборванном состоянии. Разработчики применяют их крайне неохотно, так как это увеличивает количество элементов вдвое и повышает стоимость изделия, к тому же при таком построении требуется принимать дополнительные меры по изоляции светодиодов и обеспечению электробезопасности.

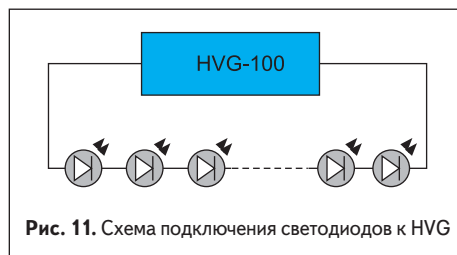


Рис. 11. Схема подключения светодиодов к HVG

Источники выполняются в конструктивах А, В, D. Модели HVG-100-xA имеют регулировку выходного напряжения и уровня ограничения выходного тока, HVGC-100-xA — только регулировку уровня ограничения выходного тока. Регулировка осуществляется встроенными потенциометрами, доступ к которым закрывается герметизирующими заглушками. Преобразователи с индексом «В» имеют входной кабель для регулировки уровня ограничения выходного тока (диммирования) одним из трех способов, рассмотренных ранее. Опциональный вариант HVGC-100-xD имеет возможность ступенчатой регулировки выходного тока по таймеру, предварительно запрограммированному по требованиям заказчика.

Преобразователи имеют КПД до 92% и могут работать при температурах от -40 °C. Так же, как в серии HLG, входные цепи устойчивы к входным импульсам до 4 кВ. Основное при-

менение данных преобразователей — внешнее освещение и работа в промышленных сетях, особенно с повышенным напряжением. Эти высоковольтные серии предполагаются расширить до мощностей 50–150 Вт.

### Серия LDV



Рис. 12. Источники питания серии LDV

Еще одна оригинальная модель — мощный многоканальный драйвер LDV-185 (рис. 12). Данные источники имеют 12 каналов со стабилизацией тока 350 мА или 6 каналов с током 700 мА. Каждый канал стабилизирован по току для поддержания одинаковых токов светодиодов, обеспечивая их равномерное свечение. Схема включения светодиодов показана на рис. 13. LDV-185 могут выпускаться с таймером, предварительно запрограммированным производителем по требованиям заказчика. Драйвер имеет функцию защиты от превышения температуры: выходной ток автоматически уменьшается при повышении температуры на встроенном температурном датчике более +90 °C.

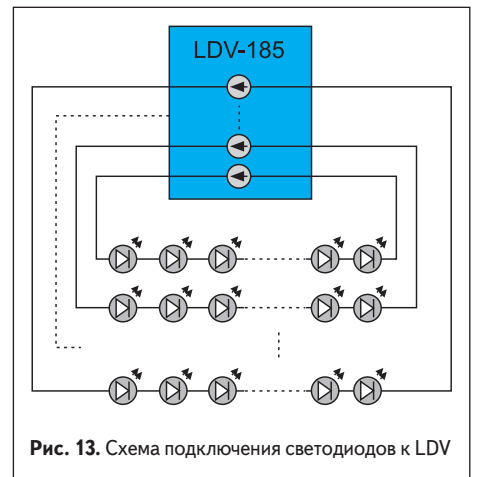


Рис. 13. Схема подключения светодиодов к LDV

Для обеспечения работы в жестких условиях (IP67) драйверы размещены в алюминиевых корпусах с заливкой теплопроводным компаундом и могут работать в широком температурном диапазоне -30...+70 °C.

### Серия LDD

На первый взгляд драйверы серии LDD (рис. 14) не имеют отношения к данной статье. Это понижающие DC/DC-преобразователи без гальванической развязки, подключать их к сети ~220 В не следует. Но в качестве вспомогатель-



Рис. 14. Источники питания серии LDD

ного средства для систем с питанием от сетевого напряжения LDD имеют большие перспективы. Наиболее часто используется последовательно-параллельное включение светодиодов. В качестве токовыравнивающих элементов обычно применяют резисторы, линейные стабилизаторы тока, транзисторы. Резисторы или активные элементы в линейном режиме ухудшают эффективность всего светильника, а отсутствие токовыравнивающих элементов приводит к пониженной надежности: обрыв в одной цепочке вызывает повышение тока в остальных, а короткое замыкание в светодиоде — повышенный ток

в этой цепочке. В данном случае наилучшим вариантом построения схемы является тот, что приведен на рис. 15. Включение драйвера в каждой цепочке позволяет поддерживать с большой точностью требуемый ток в каждом светодиоде. При коротком замыкании одного из светодиодов все остальные будут продолжать светиться с той же яркостью. А в случае обрыва погаснет только данная цепочка, а токи в остальных останутся неизменными. В качестве AC/DC следует применять преобразователи, работающие в режиме стабилизации напряжения: LPV, LPF, HLG, CLG, SEN и им подобные, а если нет повышенных требований к защите от вредного влияния окружающей среды, то и общего применения — таких серий, как NES, RS и т. п. Эффективность при использовании ИП LDD изменится незначительно, учитывая их очень высокий КПД. Данный вариант схемы обычно применяется редко из-за высокой стоимости имеющихся на рынке DC/DC-драйверов, приближающейся к стоимости AC/DC подобной мощности. Компания Mean Well минимизировала, насколько это было возможно, стоимость ИП этой серии: цена драйвера LDD-L составляет приблизительно \$4, а LDD-H — \$5.

Под маркой LDD выпускается две серии: LDD-H и LDD-L с выходными токами 300, 350, 500, 600, 700 и 1000 мА (только для LDD-H). Драйверы этих серий предназначены для установки на печатную плату или для навесного монтажа (с индексом W) с гибкими выводами длиной 10 см. Драйверы имеют широкий диапазон входных/выходных напряжений: 9–36 В/2–32 В DC для серии LDD-L

и 9–56 В/2–52 В DC для серии LDD-H. Таким образом, максимальная мощность у LDD-H составляет 15–52 Вт, в зависимости от рабочего тока, а у LDD-L — 10–22,5 Вт. ИП имеют уровень защиты IP67; диапазон рабочих температур –40...+85 °С.

Драйверы имеют встроенную функцию регулировки яркости светодиодов с помощью управляющих импульсов с широтно-импульсной модуляцией подаваемых на вход PWM DIM. По этому же входу можно управлять включением/выключением выходного тока. Высокий КПД драйвера (до 97%) позволяет подключать выходную нагрузку до 52 Вт без принудительного охлаждения.

### Заключение

Значительное расширение семейства источников для светодиодных систем привело не только к их количественному увеличению, но и к качественному улучшению — появились новые функциональные возможности, применение передовых схемотехнических решений позволило улучшить потребительские параметры. При этом следует учитывать и отличное соотношение цена/качество изделий Mean Well. Высокая надежность изделий обеспечивается не в ущерб их стоимости. Например, у популярных моделей LPH-18 MTBF (среднее время между отказами) составляет 1,2 млн ч. А стоимость, от \$6,5. Все это позволяет получить качественные конечные продукты, соответствующие современным требованиям, по конкурентоспособной цене и уменьшить эксплуатационные расходы на светильники.

### Литература

1. Друзь А. С. Чем питать светодиоды от сети ~220 В? // Полупроводниковая светотехника. 2010. № 1.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 20 июля 2011 г. № 602 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения».
3. СП 52.13330.2011. «Естественное и искусственное освещение».
4. Материалы семинара компании Mean Well. 2011.

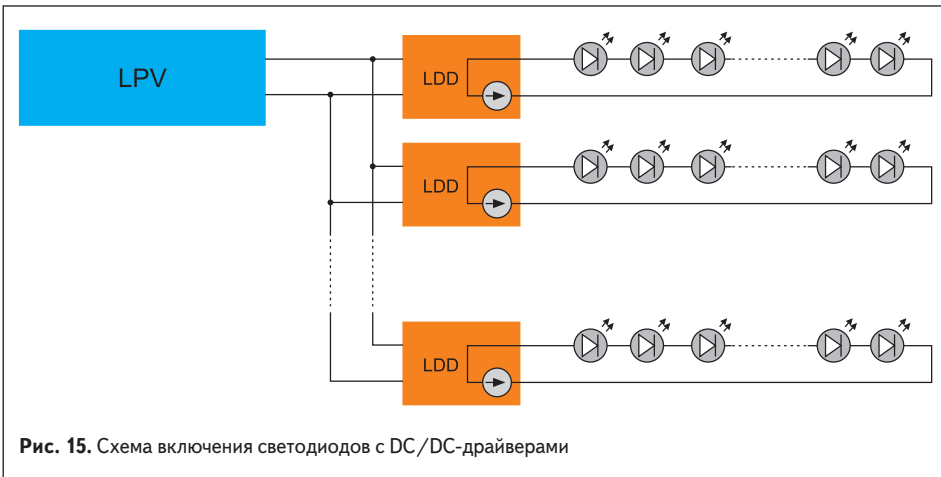


Рис. 15. Схема включения светодиодов с DC/DC-драйверами