

Александр Щерба | shcherba@prosoft.ru

# Особенности применения нового стабилизатора тока MP4000

## для питания мощных светодиодов

**М**ощные белые светодиоды призваны заменить лампы накаливания с низким коэффициентом полезного действия (КПД), а также лампы дневного света, которым после выработки ресурса требуется особая утилизация, поскольку они содержат вредные для здоровья и окружающей среды материалы. По сравнению с лампами накаливания светодиод имеет высокий КПД, более длительный срок службы и не требует специальной утилизации. При применении светодиодов в качестве источника света необходимо учитывать, что, в отличие от ламп накаливания, для эффективной работы через светодиод должен протекать стабилизированный постоянный ток. Поэтому необходимо специализированное устройство — светодиодный драйвер. На рис. 1 представлена типовая блок-схема построения драйвера для питания мощных светодиодов. Типовой драйвер будет состоять из корректора коэффициента мощности (ККМ), выпрямителя и DC/DC-преобразователя. Использование нелинейных DC/DC-преобразователей вынуждает применять ККМ. Простейший ККМ должен выполнять сглаживание импульсного потребления нагрузки и выделение низшей, т. е. основной гармоники потребления тока.

Дополнительными функциями светодиодного драйвера могут служить защита драйвера от короткого замыкания или обрыва в цепи светодиодов, защита от перегрева и регулирование яркости светодиодов.

### Принцип работы DC/DC-преобразователей

Для источников питания мощных светодиодов могут применяться как прямоходовые, так и обратноходовые преобразователи. Различают два основных этапа работы таких преобразователей. У обратноходовых на первом этапе с помощью ключа индуктивность подключается к источнику тока, в этот момент происходит накопление в нем энергии (рис. 2а). На втором этапе ключ размыкается, напряжение на дросселе меняет знак, и ток течет через диод, отдавая накопленную энергию в нагрузку (рис. 2б).

Прямоходовые преобразователи работают по другому принципу (рис. 3). В момент замкнутого ключа (рис. 3а) напряжение через индуктивность  $L$  подается в нагрузку, при этом ток через индуктивность линейно повышается. На втором этапе, когда ключ разомкнут (рис. 3б), запасенная в индукторе энергия частично отдается в нагрузку через образовавшийся контур индуктивность–диод–нагрузка. Прямоходовые преобразователи применяются, в основном, в тех случаях, где не нужна гальваническая развязка источника питания и нагрузки.

Для преобразователей существует два режима работы: прерывистый (Discontinuous Conduction Mode) и непрерывный (Continuous Conduction Mode). Для первого характерны высокие импульсные токи, при этом уровень пульсаций на конденсаторе достаточно большой (рис. 4а). В непрерывном режиме уровень пульсаций небольшой (рис. 4б), но для работы преобразователя необходим дроссель с высоким значением индуктивности для запаса достаточно большого количества энергии.

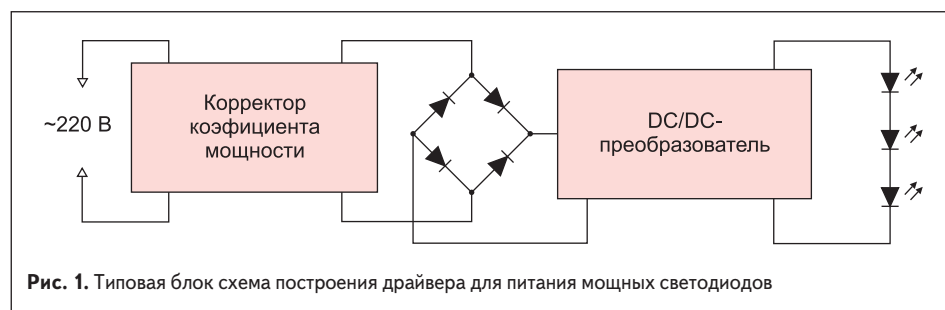


Рис. 1. Типовая блок-схема построения драйвера для питания мощных светодиодов

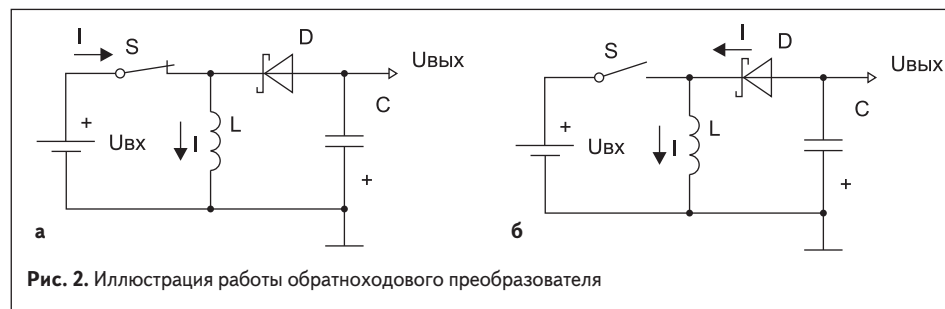


Рис. 2. Иллюстрация работы обратноходового преобразователя

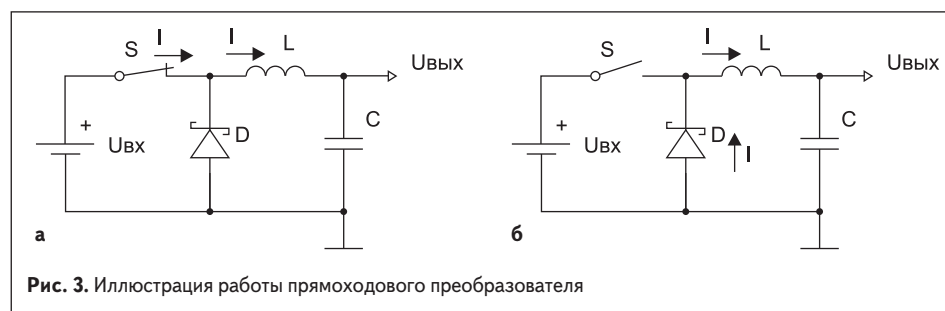
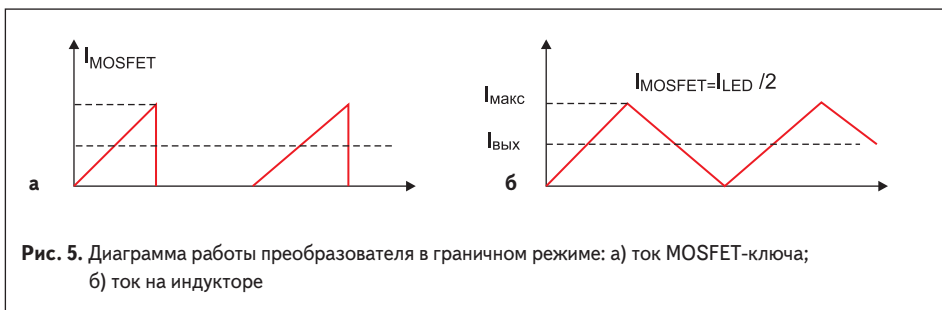
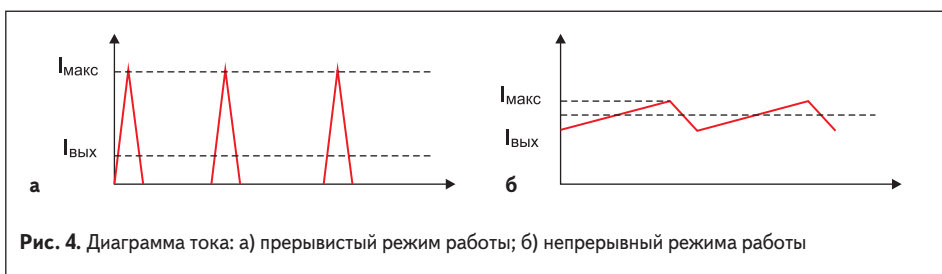


Рис. 3. Иллюстрация работы прямоходового преобразователя



### Применение микросхемы MP4000 в драйверах питания мощных светодиодов

Микросхема MP4000 от компании Monolithic Power Systems (MPS) представляет собой контроллер, предназначенный для построения понижающего AC/DC-преобразователя для питания мощных светодиодов с использованием внешнего MOSFET-ключа. При этом преобразование происходит в граничном режиме проводимости (Boundary

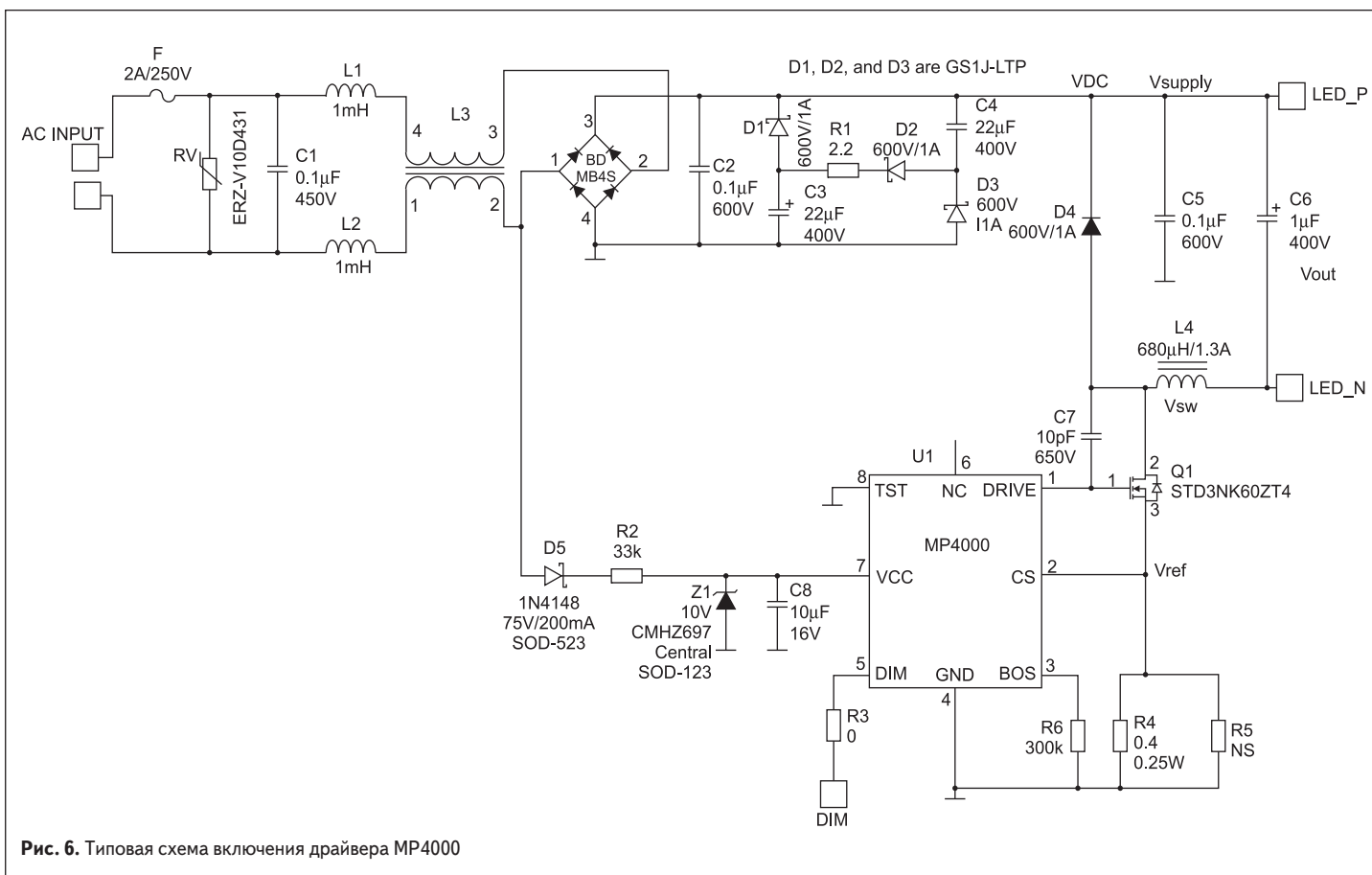
Conduction Mode), то есть включение внешнего ключа происходит только при полном размагничивании индуктивности преобразователя (рис. 5). Это не допускает жесткого переключения, характерного для обратноходовых преобразователей в прерывистом и непрерывном режимах. Таким образом достигаются высокая эффективность преобразования и точность поддержания рабочего тока на светодиодах, и в тоже время снижаются требования к MOSFET-ключу и габаритам индуктивности.

На рис. 6 представлена типовая схема включения драйвера MP4000 для питания мощных светодиодов.

Контроль тока в цепи светодиодов осуществляется с помощью измерения падения напряжения на резисторе R4. Величина напряжения на нем сравнивается с опорным значением 300 мВ. При этом, как было показано на рис. 5, средний ток на светодиодах  $I_{LED}$  будет равен половине пикового значения  $I_{PEAK}$  тока на MOSFET-ключе и рассчитывается по формуле:

$$I_{LED} = V_{REF}(300 \text{ мВ})/2R4$$

Контроль «нулевого тока» на дросселе L4 детектируется с помощью вывода 1 (DRIVE) путем подключения небольшой емкости C7 между выводом и стоком MOSFET-ключа Q1. В случае падения тока, протекающего через диод D, напряжение  $V_{sw}$  на ключе Q1 будет линейно падать со значения  $V_{SUPPLY}$  до  $(V_{SUPPLY}-V_{OUT})$ . При этом ток, протекающий через конденсатор на вывод DRIVE, будет иметь обратное направление. Когда напряжение  $V_{sw}$  достигнет значения  $(V_{SUPPLY}-V_{OUT})$  и продолжит падать, ток, протекающий через конденсатор, сменит направление с обратного на прямое, пройдя через ноль. В это время MP4000 включает Q1. Как результат, ключ Q1 будет включаться при достижении минимального значения напряжения на индукторе L4, равного падению напряжения на светодиодах, и отключаться, когда пиковое значения тока через резистор R4 и MOSFET-ключ достигнет двойного значения рабочего тока светодиода.



Вывод 5 (DIM) предназначен для диммирования. Функция диммирования дает возможность плавно изменять значения тока, протекающего через светодиод. Это, в свою очередь, изменяет световой поток, излучаемый светодиодом. Применительно к уличным светодиодным светильникам диммирование позволяет реализовать ряд энергосберегающих функций, например регулирование уровня свечения в зависимости от естественной освещенности или от времени суток. Сигнал диммирования может быть как широтно-импульсным (ШИМ) с частотой 0,1–2 кГц, так и аналоговым с диапазоном управляющего напряжения 0–2,4 В, при этом яркость светодиодов будет изменяться от 5% максимальной при напряжении на выводе 5 (DIM) менее 120 мВ до максимальной при напряжении 2,4 В. Необходимо отметить, что используется псевдо-аналоговое диммирование, и внутри микросхемы происходит преобразование аналогового управляющего сигнала в ШИМ. Частоту ШИМ можно задать с помощью внешнего конденсатора, подключенного к выводу 3 (BOS). Если функция диммирования не требуется, выводы 5 и 3 подсоединяются к земляной шине.

Для светодиодного драйвера, построенного на микросхеме MP4000, максимальная частота переключения составляет 110 кГц. Высокая

частота преобразования позволяет применять внешние компоненты, такие как дроссели и конденсаторы с небольшими габаритами, а также уменьшить электромагнитные помехи (ЕМИ), возникающие при работе преобразователя. Однако нужно учитывать, что при достижении максимальной частоты преобразователь может перейти в непрерывный режим работы (рис. 4б). При проектировании схемы важно выбрать частоту работы преобразования в диапазоне 30–110 кГц путем подбора индуктивности L4, рассчитанной по формуле:

$$L = (1/2f_s I_{LED}) \times [(V_{SUPPLY} - V_{OUT}) V_{OUT} / V_{SUPPLY}]$$

где  $V_{SUPPLY}$  — входное напряжение;  $V_{OUT}$  — прямое падение напряжения на светодиодах.

Если выходная цепь светодиодов будет «закорочена», выходное напряжение  $V_{OUT}$  станет равным нулю. В этом случае ток на индукторе L4 за короткий промежуток времени достигнет максимального пикового значения, микросхема MP4000 зафиксирует сбой в работе и выключится, а по истечении 1,7 мкс попытается возобновить свою работу. Такая быстродействующая защита от короткого замыкания позволяет не только избежать выхода из строя схемы преобразования, но и воз-

обновить работу драйвера при устранении причины короткого замыкания.

Защита от перегрева, реализованная в микросхеме, выключит работу преобразователя при достижении чипом микросхемы максимальной рабочей температуры в +150 °С, а при падении температуры до +120 °С возобновит его работу.

На элементах D1–D3, C3–C4 и R1 схемы (рис. 6) реализован пассивный ККМ с коэффициентом коррекции около 0,8 для нагрузки в цепи светодиодов 6 Вт.

#### Заключение

Для питания светодиодов должны использоваться специализированные DC/DC- или AC/DC-преобразователи. Применение микросхемы MP4000 позволит реализовать высокоэффективный светодиодный драйвер с минимальным количеством внешних компонентов для работы от сети переменного тока 220 В с функциями защиты от короткого замыкания, перегрева и регулировки яркости светодиодов. ●

#### Литература

1. MP4000. Offline High Brightness White LED Driver Controller. Rev. 1.0. [http://www.monolithicpower.com/Lists/Product\\_WLED%20Illumination\\_252/DispForm.aspx?ID=12](http://www.monolithicpower.com/Lists/Product_WLED%20Illumination_252/DispForm.aspx?ID=12)