

Елена Вставская, к. т. н. | Владимир Константинов | Михаил Пожидай | Виктория Хатеева

# Двухступенчатые электронные преобразователи энергии

## с несимметричным полумостовым инвертором

Обратноходовые преобразователи с корректором коэффициента мощности позволяют эффективно решать задачу обеспечения требуемого режима работы светодиодных излучателей при фиксированном уровне выходной мощности [1]. Если меняется количество светодиодов, подключаемых к преобразователю, или требуемая величина интенсивности светового потока, то система управления таким одноступенчатым преобразователем попадает в неоптимальный режим работы, при котором форма потребляемого тока не полностью соответствует форме питающего напряжения. Это обусловлено тем, что в современных контроллерах обратноходовых преобразователей оптимальная настройка формы потребляемого тока производится для одного значения выходной мощности. В связи с этим структура одноступенчатого преобразователя не является универсальной и применяется в маломощных преобразователях напряжения, имеющих небольшую величину отклонения выходной мощности от установленного значения.

Для построения мощных светодиодных источников света предпочтительнее применение двухступенчатого преобразователя энергии, пример структурной схемы которого представлен на рис. 1.

Первой ступенью предложенной структуры является узел повышающего преобразователя,

который преобразует переменное входное напряжение в постоянное выходное повышенного номинала. Алгоритм работы ключевого элемента S1 такого преобразователя реализует функцию корректора коэффициента мощности, меняя потребляемый ток в соответствии с формой питающего напряжения и, таким образом, формируя на входе преобразователя эквивалент активной нагрузки. Энергия накапливается в высоковольтном конденсаторе C1, что позволяет уменьшить массо-габаритные характеристики накопительного элемента.

Второй ступенью предложенной структуры является несимметричный полумостовой инвертор, работающий в резонансном режиме, который с парой резонансных емкостей C2, C3 включается параллельно накопительному конденсатору и позволяет реализовать процесс преобразования энергии, накопленной в высоковольтном конденсаторе, в энергию, отдаваемую в цепи питания светодиодного излучателя.

При выборе алгоритма коммутации ключей полумостового инвертора можно использовать симметричный или несимметричный режимы. Особый интерес для построения схемы представляет несимметричный режим коммутации электронных ключей, который заключается в том, что времена включения ключевых элементов неодинаковы и их изменение позволяет регулировать мощность, передаваемую преобразователем в нагрузку.

Особенность работы этого узла заключается в том, что схема становится не критичной к подмагничиванию сердечника даже при различных временных интервалах включения полупроводниковых ключей, поскольку в каждом такте работает колебательный контур. Кроме того, наличие двухтактного преобразователя позволяет сформировать коммутацию ключевых элементов в режиме нулевых токов или напряжений.

Временные диаграммы работы несимметричного полумостового инвертора представлены на рис. 2.

Коммутация ключей полумостового инвертора осуществляется поочередно, причем вольт-секундные площади во время работы верхнего и нижнего ключей равны. Кроме того, амплитуды напряжений  $U_1$  и  $U_2$  в сумме формируют напряжение на накопительном конденсаторе  $U_{C1}$ . При этом среднее значение напряжения в нагрузке определяется как

$$U_{CP} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{T} (U_1 t_1 + U_2 t_2). \quad (1)$$

Коэффициент передачи полумостового инвертора можно представить в виде:

$$K = t_1/T. \quad (2)$$

Учитывая, что на выходе инвертора применены двухполупериодный выпрямитель и сглаживающий LC-фильтр (L2, C4), выходной величиной будет среднее значение трансформированного напряжения.

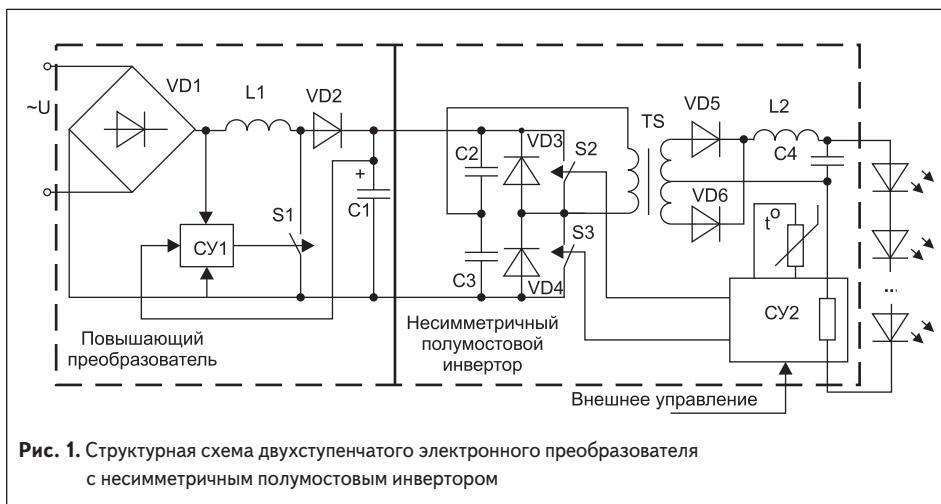


Рис. 1. Структурная схема двухступенчатого электронного преобразователя с несимметричным полумостовым инвертором

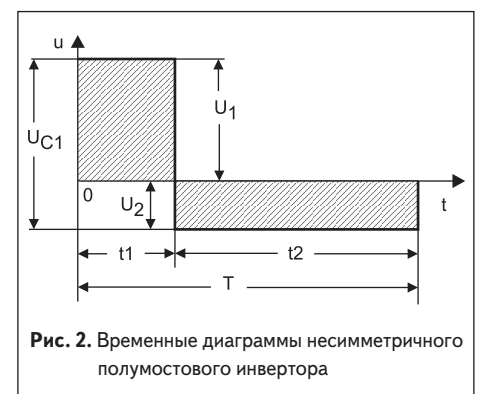


Рис. 2. Временные диаграммы несимметричного полумостового инвертора

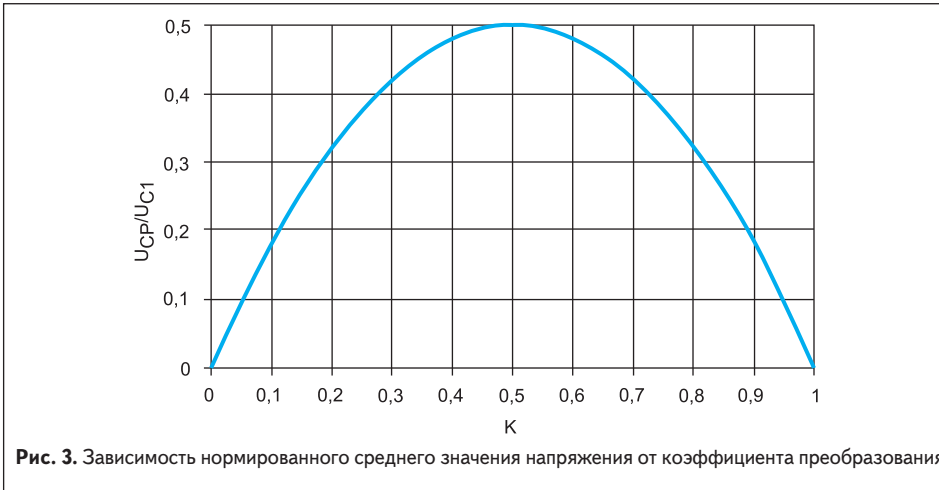


Рис. 3. Зависимость нормированного среднего значения напряжения от коэффициента преобразования

Для определения зависимости среднего значения напряжения в нагрузке от времен коммутации ключей необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} U_{C1} = U_1 + U_2 \\ T = t_1 + t_2 \\ U_1 t_1 = U_2 t_2 \\ U_{CP} = \frac{1}{T} (U_1 t_1 + U_2 t_2) \end{cases} \quad (3)$$

Решив систему (3), получим:

$$U_{CP} = 2U_{C1} \times t_1 t_2 / T^2 = 2U_{C1} \times K \times (1-K). \quad (4)$$

В соответствии с (4), зависимость среднего значения напряжения на нагрузке от коэффициента заполнения имеет вид, представленный на рис. 3.

На графике (рис. 3) видно, что максимальная величина среднего значения напряжения на на-

грузке соответствует  $0,5U_{C1}$  и формируется при коэффициенте заполнения  $K = 0,5$ .

Работа полумостового инвертора с коэффициентами заполнения, близкими к 0,5, является наиболее эффективной, поскольку при прямоугольном характере сигналов средние и действующие значения величин сравниваются, что предопределяет минимальное соотношение между мощностью потерь в элементах инвертора и мощностью, передаваемой инвертором в нагрузку. Работа инвертора в широком диапазоне изменения нагрузки с коэффициентами заполнения, близкими к 0 или 1, изменяет соотношение между средними и действующими значениями величин токов и напряжений, поэтому мощность потерь в элементах растет при снижении мощности, передаваемой в нагрузку, что приводит к снижению КПД устройства.

### Выводы

Электронные преобразователи с двухступенчатой структурой преобразования энергии по-

зволяют обеспечить близкое к единице значение коэффициента мощности во всем диапазоне нагрузок, поскольку реализация функции корректора коэффициента мощности осуществляется автономной выделенной системой управления повышающего преобразователя.

Использование повышающего преобразователя в двухступенчатой структуре позволяет применять накопительные конденсаторы с оптимальными массо-габаритными характеристиками, поскольку эффективность конденсаторных накопителей растет по мере увеличения напряжения.

Несимметричный полумостовой преобразователь, используемый в качестве второй ступени преобразования энергии, имеет особенности при работе с нагрузками, имеющими широкий диапазон изменения мощности.

### Литература

1. Вставская Е. В., Константинов В. И., Пожидай М. М. Построение источников тока для возбуждения светодиодов на базе структуры обратного преобразователя // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 1.
2. Казаринов Л. С., Шнайдер Д. А., Барбасова Т. А., Вставская Е. В. и др. Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением. Монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2011.
3. Вставская Е. В., Барбасова Т. А., Казаринов Л. С. Концепция повышения энергетической эффективности комплексов наружного освещения // Фундаментальные исследования. 2011. № 12.
4. Вставская Е. В., Вставский А. Ю., Константинов В. И., Хатеева В. В. Улучшение характеристик электронного балласта для газоразрядных ламп с частотным управлением мощностью // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2010. Вып. 12. № 22 (198).