

С.В. Седых, Д.Г. Гадашев, А.Ю. Дракин  
(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)  
S.V. Sedykh, D.G. Gadashev, A.Y. Drakin (Bryansk, Bryansk State Technical University)

## **МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ СВЕТОВОГО ПОТОКА В СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ СВЕТА**

### **METHODS OF REDUCING PULSATIONS OF LIGHT FLOW IN LED LIGHT SOURCES**

*Проведен анализ некоторых вариантов схемотехники, способствующих снижению пульсаций светового потока, а также выполнено моделирование наиболее простых и наглядных схем LED-светильника для более качественной оценки результата в виде приведенной зависимости коэффициента пульсаций от суммарной емкости конденсаторов, входящих в фильтрующую цепь.*

*The analysis of some circuitry options that contribute to reducing the ripple of the light flux is carried out, as well as the modeling of the simplest and most intuitive LED lamp circuits for a more qualitative assessment of the result in the form of the given dependence of the ripple coefficient on the total capacitance of the capacitors included in the filter circuit.*

*Ключевые слова: светодиод, энергосбережение, коэффициент пульсаций, моделирование, схемотехника, преобразователи напряжения.*

*Keywords: energy saving, ripple coefficient, modeling, circuitry, voltage converters.*

Исследования в области светодиодной техники привели к широкому распространению светильников данного типа в силу их высокого потенциала по удельной плотности светового потока, энергоэффективности и надежности в сравнении со светильниками других типов [1, 2]. Массовое применение такого рода осветительной техники при питании светодиодов от однофазной сети переменного тока через преобразователи рода и величины тока, позволило выявить и целый ряд проблем, не позволяющих полностью использовать упомянутые потенциалы. Эти проблемы, в основном, заключаются в негативном использовании реактивных элементов и сложных преобразователей, которые также их содержат, соответственно это отражается определенной зависимостью на стоимости, надежности, габаритах, пульсациях светового потока и условиях эксплуатации.

В данном исследовании проведен анализ разных вариантов схемотехники светодиодных источников света, основанных на бездрайверной и драйверной технологиях, таких как: простейший LED-светильник; светодиодный модуль разработанный на АО «Кремний ЭЛ»; импульсные индуктивные понижающий и повышающий преобразователи. Также

проведено моделирование схем: простейшего LED-светильника с фильтрующими емкостями; с применением обратноходового преобразователя.

Добиться стандартизованного [3] коэффициента пульсаций (5%) возможно разными способами: от использования простых фильтров и выпрямителей со всевозможными балластами, до применения комбинированных и схмотехнически сложно построенных преобразователей, в совокупности с различными системами управления. Но разрабатывая светодиодный источник света, а соответственно подбирая для него элементную базу и тип преобразователя необходимо опираться на технико-экономическое обоснование того или иного решения.

Рассмотрим схему простейшего LED-светильника, построенной по схеме, состоящей из полупроводникового выпрямителя и токоограничивающего резистора, имеют коэффициент пульсаций до 99%. Для сравнения, люминесцентные лампы с электромагнитной пускорегулирующей аппаратурой — решение, признанное морально устаревшим, — имеют  $K_p$  около 35%. Это решение обладает максимально возможным коэффициентом пульсаций и сравнительно невысокими показателями эффективности преобразования электрической энергии в световой поток.

Небольшое усовершенствование схемы, позволило улучшить светимость и повысить КПД цепей питания и источника света в целом. Принцип заключается в понижении переменного напряжения, путем последовательного включения РС-цепочки, а затем оно поступает на диодный мост. После чего выпрямленное напряжение частично сглаживается конденсатором и через токоограничивающий резистор поступает на светодиоды.

В бездрайверных светильниках, выполненных по выше описанному решению, часть потребляемой мощности (порядка 25%) рассеивается на токоограничительном резисторе. Значительную часть периода колебаний в сети, когда мгновенное значение напряжения на каждом светодиоде меньше 1,5 В, цепочка светодиодов полностью закрыта и ток через светильник практически не течет. Кроме высоких потерь электроэнергии, такая особенность приводит к снижению коэффициента мощности до значений ниже 0,6. При потребляемой мощности до 5 Вт этот фактор не оказывает сколь либо значимого влияния, но с ростом мощности ситуация требует своего решения.

Один из вариантов повышения энергетической эффективности состоит в применении светодиодного модуля, разработанного на АО «Кремний ЭЛ», идея заключается в том, чтобы «наращивать» цепочку последовательно соединенных светодиодов по мере роста мгновенного значения напряжения питания. Такое решение позволяет минимизировать количество компонентов, исключая использование реактивных элементов (в частности, электролитических конденсаторов и дросселей), что дает следующие преимущества: высокую надежность; минимальные габариты; высокий КПД; высокий коэффициент мощности.

Американская компания Ixys производит ИМС для управления светодиодными сборками и светодиодами высокой яркости. Драйвер на основе СРС9909 имеет небольшие габариты и не требует больших денежных вложений. Благодаря наличию стабилизатора напряжения рабочий диапазон входного питания от источника постоянного тока, довольно большой. Минимальное падение напряжения на светодиодах – 10% от напряжения питания. Поэтому данная ИМС идеальна для подключения высоковольтных светодиодов. Она работает в широком температурном диапазоне, а значит пригодна для конструирования светодиодных ламп и светильников для наружного освещения.

Повышающий преобразователь, реализованный на микросхеме LM2698, содержит силовой каскад, рассчитанный на отдачу тока 1350 мА цепочке или массиву светодиодов. Если осуществляется управление массивом светодиодов, то контур обратной связи охватывает только первую цепочку светодиодов, стабилизируя ток, протекающий через светодиоды, на уровне 150 мА. Остальные 7 цепочек не имеют контура обратной связи и управляются посредством схемы токового зеркала, размещенной над каждой из цепочек.

Несмотря на всевозможные плюсы, описанных выше вариантов построения светодиодных источников, можно сказать, что все они имеют существенный недостаток в виде наличия в схеме электролитических конденсаторов большой емкости, уменьшающих пульсации напряжения, как на входе, так и на выходе драйвера. Этот фактор негативно влияет на стоимость, надежность, габариты конструкции.

Проведем анализ, с сопутствующим моделированием, влияния величины емкости фильтрующего конденсатора на коэффициент пульсаций светового потока. Для оценки рассмотрены 3 схемы, представленные на рис. 1.

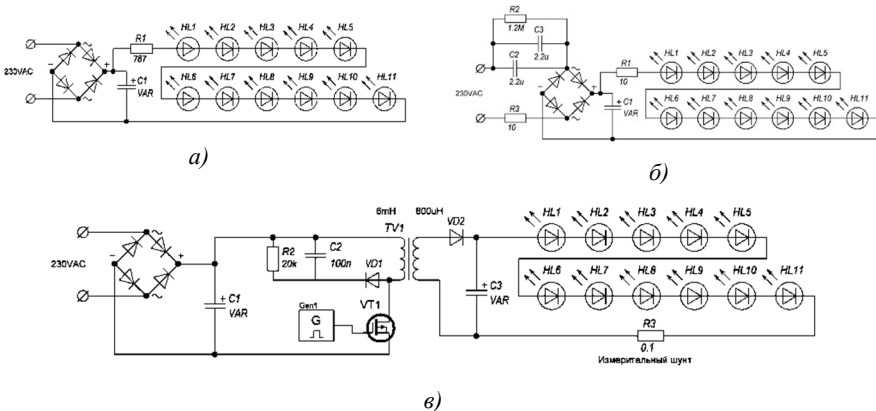
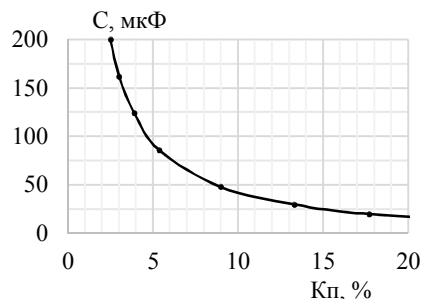
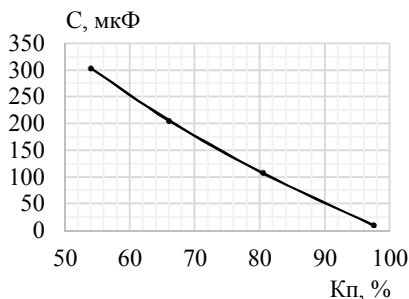


Рис.1 Схемы светодиодных источников света: (а) схема LED-светильника с фильтрующей емкостью, (б) усовершенствованный LED-светильник, (в) обратнoходовый понижающий преобразователь

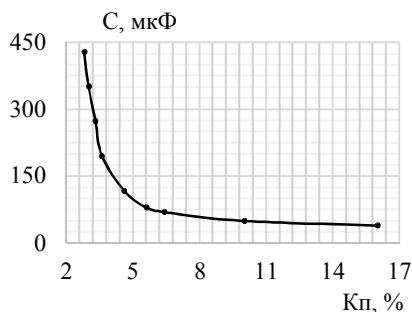
Фильтрующие конденсаторы С1 на рис.1(а, б), а также С1, С3 на рис.1(в) с параметром “VAR” будут изменяться во времени для построения зависимостей коэффициента пульсаций светового потока от емкости, входящих в цепи фильтрации, представленных на рис. 2.



а)



б)



в)

Рис. 2 Экспериментальные зависимости коэффициента пульсаций от емкости фильтрующих цепей

На рис. 2 под буквами (а) простейший LED-светильник с конденсатором, (б) модернизированный LED-светильник, (в) обратноходовый понижающий преобразователь.

Из полученных зависимостей можно сделать вывод о том, что применение импульсных преобразователей напряжения способствует снижению величин емкостей электролитических конденсаторов [4], соответственно дальнейшая работа будет связана с поиском схемотехнических решений основанных на импульсно-модуляционных преобразователях.

### Список литературы

1. Махлин, А. Особенности проектирования блока питания для светодиодных ламп // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 1.
2. Сравнение светодиодных ламп с люминесцентными, галогенными и лампами накаливания [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. и граф. данные. – URL: [http://svetlix.ru/articles/lamps\\_comparison](http://svetlix.ru/articles/lamps_comparison).
3. ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 2002. – 69 с.
4. Вставская, Е.В. Построение источников тока для питания светодиодов на базе структуры обратноходового преобразователя / В.И. Константинов, М. Пожидай // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – №1.

Материал поступил в редколлегию 21.10.19.