

Исследование процессов в светильнике со светодиодами при вариации температурного коэффициента напряжения отдельных светодиодов

Н. Н. БЕСПАЛОВ, С. С. КАПИТОНОВ, А. В. КАПИТОНОВА

ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва», Саранск

E-mail: kapss88@mail.ru

Аннотация

Рассмотрена разработанная в среде «*Multisim*» модель светильника со светодиодами (СД). Проведено исследование процессов в нём при вариации значений температурного коэффициента напряжения отдельных СД. Сделаны выводы о целесообразности подбора СД по значениям температурного коэффициента напряжения для построения светильника на их основе.

Ключевые слова: светодиод, модель, вольт-амперная характеристика, полупроводниковая структура, температура, температурный коэффициент напряжения.

Срок службы современных светильников со светодиодами (СД), по заявлению их производителей, равен сроку службы отдельных СД, который достигает 70–100 тыс. ч. Данная информация полностью ошибочна, так как светильник, помимо СД-источника света (например, СД-модуля), содержит устройства с гораздо меньшим сроком службы, чем СД. Так, устройство управления («драйвер») светильника с СД имеет срок службы порядка 40–60 тыс. ч. Да и срок службы СД-источника света не тот, что у отдельного СД, если только не все СД в светильнике одинаковы по электрическим и тепловым параметрам. При этом даже СД, отобранные «в один бин» по тем или иным параметрам, имеют разброс значений других параметров. Соответственно, надёжность светильников с СД существенно ниже расчётной, паспортной. Для повышения надёжности подобных источников света необходимо исследовать протекающие в них процессы при вариации значений электрических и тепловых параметров СД. Один из

важнейших электрических параметров СД, по которому производители не осуществляют их биновку, – температурный коэффициент напряжения (ТКН), что делает целесообразным исследование процессов в СД-источнике света светильника при вариации значений ТКН отдельных СД.

Стандартные модели СД, содержащиеся в ряде программ моделирования электрических схем, упрощённые и не позволяют строить на их основе адекватные модели светильника с СД [1]. Для решения этой проблемы нами разработана в среде «*Multisim*» модель СД [2, 3], позволяющая учитывать зависимость потока излучения и вольт-амперной характеристики (ВАХ) СД от температуры его полупроводниковой структуры (ПС) [4, 5]. На основе разработанной модели была создана модель СД-модуля светильника, мощностью 50 Вт, состоящего из 40 СД Cree «*XT-E Royal Blue LED*», включённых последовательно-параллельно (рис. 1).

Для данной марки СД номинальные значения прямого тока, мощности и потока излучения, соответственно, равны 350 мА, 1 Вт и 500 мВт, а допустимая вариация ТКН в пределах одного бина составляет $\pm 7\%$ от паспортного значения в 3 мВ/°С. Для СД каждой из четырёх параллельной ветвей СД-модуля задавалось своё значение ТКН в допустимых пределах отклонения, приведённое на рис. 1 (справа).

Разброс значений ТКН СД каждой параллельной ветви приводит к расхождению их ВАХ. Для определения степени расхождения ВАХ СД разных ветвей в среде «*Multisim*» проведено моделирование этих ВАХ при вышеуказанной вариации значений ТКН и температуре ПС $T_j = 85^\circ\text{C}$ (рис. 2).

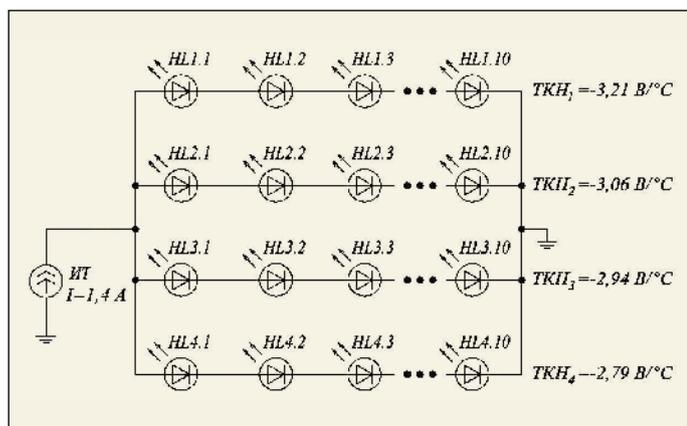


Рис. 1. Схема включения СД в модуле: ИТ – источник тока; ТКН – температурный коэффициент напряжения; HL – светодиод

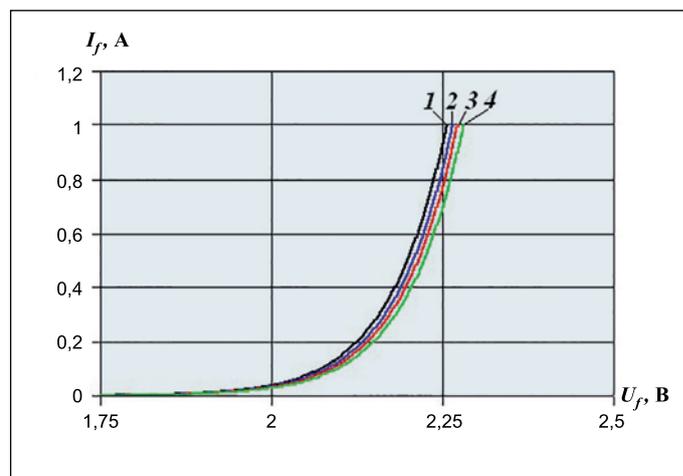


Рис. 2. ВАХ СД каждой ветви по рис. 1

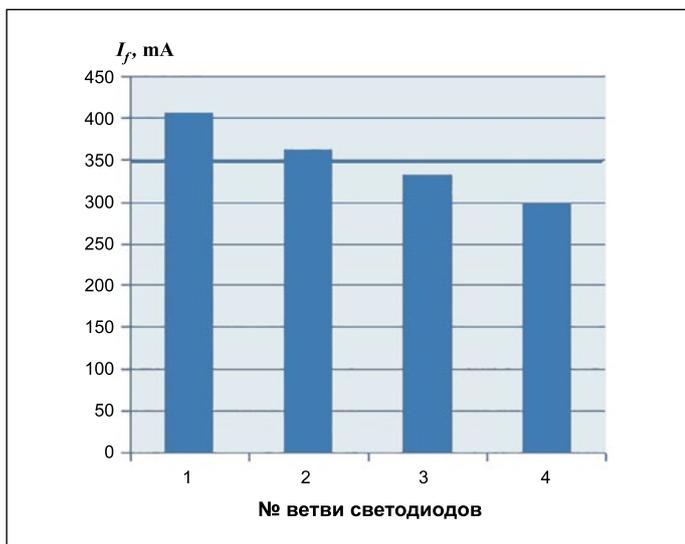


Рис. 3. Токи в параллельных ветвях по рис. 1

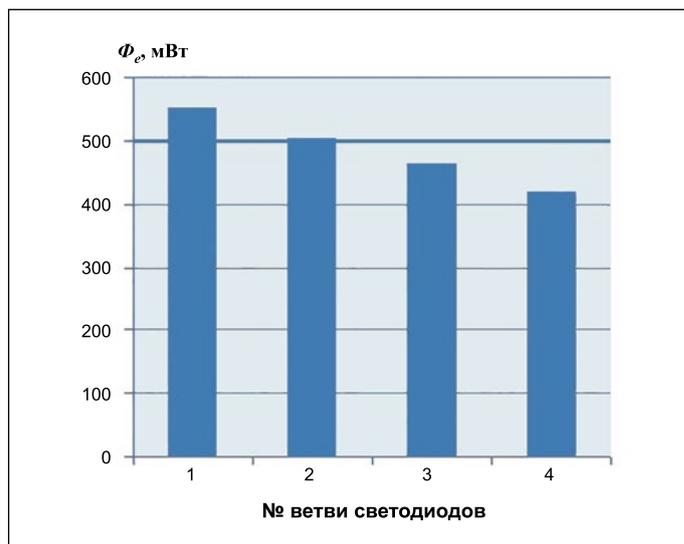


Рис. 4. Распределение значений потока излучения светодиодами ветвей по рис. 1

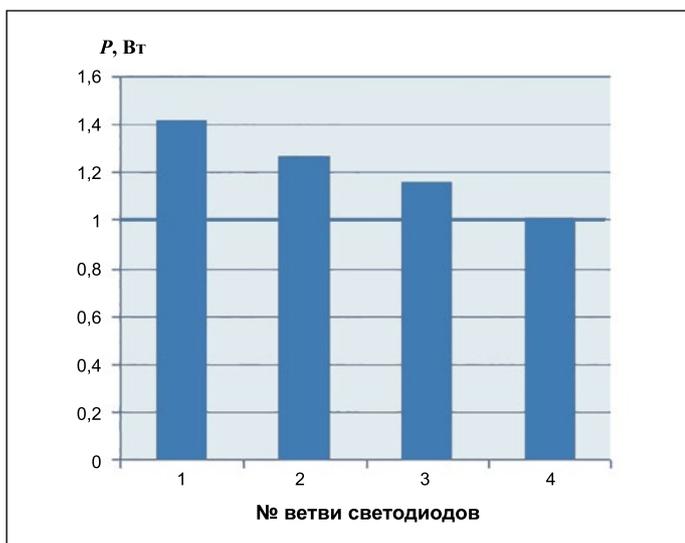


Рис. 5. Распределение значений мощности, потребляемой светодиодами ветвей по рис. 1

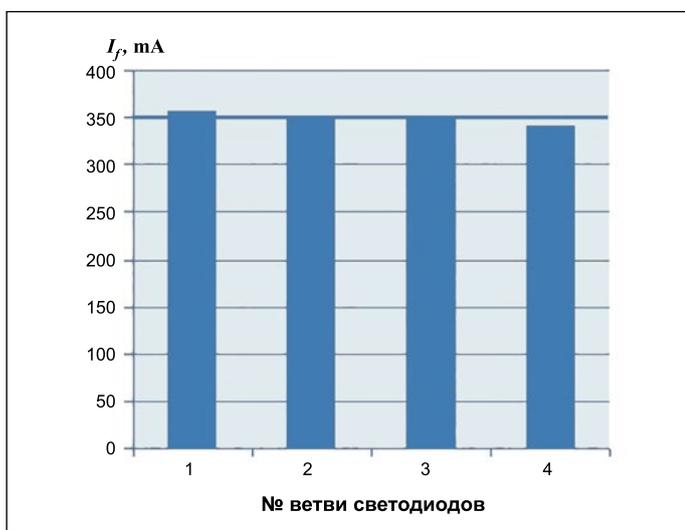


Рис. 6. Распределение значений тока по параллельным ветвям светодиодного модуля светильника после осуществления подбора светодиодов по значениям ТКН с точностью $\pm 1\%$

Из рис. 2 видно, что при разбросе значений ТКН в пределах $\pm 7\%$ от паспортного значения $3 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ ВАХ СД каждой ветви существенно расходятся. Разница в напряжениях на СД U_f с $\text{TKH}_1 = -3,21 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ и $\text{TKH}_4 = -2,79 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ при токе СД $I_f = 1 \text{ А}$ составляет 50 мВ .

Расхождение ВАХ СД каждой ветви приводит к тому, что в разных параллельных ветвях I_f разные. Как видно из рис. 3, I_f СД первой ветви – 405 мА (существенно больше номинального, в 350 мА), а I_f СД четвертой ветви – 300 мА (на 50 мА меньше номинального).

Данные результаты свидетельствует о неэффективном использовании СД в светильнике.

Согласно рис. 4, максимальный разброс значений потока излучения Φ_e – 130 мВт , что выше предельно допустимого отклонения в $\pm 10\%$. Вариация значений Φ_e СД отдельных параллельных ветвей создаёт различие и их световых потоков, что неблагоприятно сказывается на световых характеристиках светильника [6, 7].

А как следует из рис. 5, значения мощности P , потребляемой СД ветвей № 1, 2 и 3, существенно выше номинального значения в 1 Вт . Подобный режим работы чреват перегревом отдельных СД указанных ветвей, что значительно снижает надёжность светильника в целом.

Для выравнивания токов в параллельных ветвях СД-модуля светильника следует подбирать СД по значениям ТКН.

Моделирование процессов, протекающих в СД-модуле светильника (рис. 1) при вариации значений ТКН СД каждой параллельной ветви в пределах $\pm 1\%$ от паспортного значения в $3 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ показало, что после подбора СД по значениям ТКН значения I_f (рис. 6), Φ_e (рис. 7) и P (рис. 8) в каждой параллельной ветви СД-модуля существенно выровнялись и стали практически равны своим номинальным значениям 350 мА , 500 мВт и 1 Вт соответственно.

Таким образом, осуществление подбора СД по значениям ТКН при построении СД-модуля светильника позволяет:

- повышать надёжность светильника за счёт того, что все его СД работают в режиме, близком к номинальному;

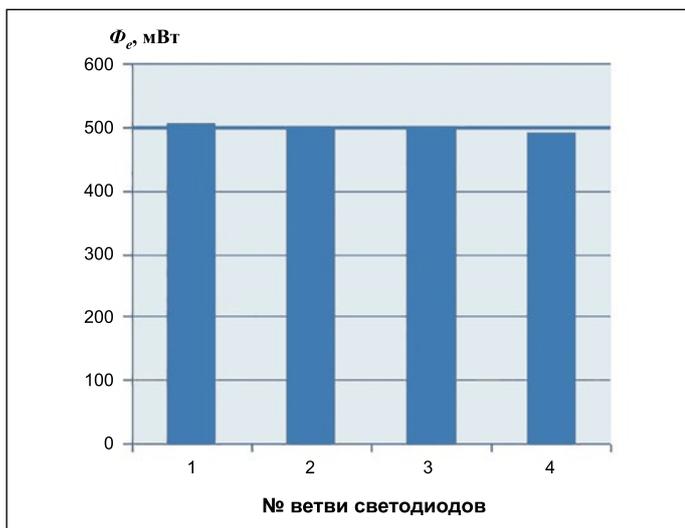


Рис. 7. Распределение значений потока излучения по параллельным ветвям светодиодного модуля светильника после осуществления подбора светодиодов по значениям ТКН с точностью $\pm 1\%$.

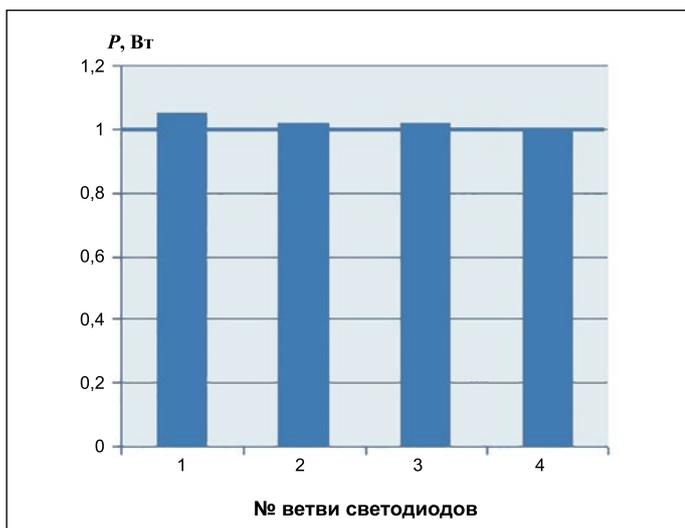


Рис. 8. Распределение значений мощности по параллельным ветвям светодиодного модуля светильника после осуществления подбора светодиодов по значениям ТКН с точностью $\pm 1\%$.

- снижать затраты на охлаждение из-за выравнивания тепловых режимов работы СД;
- уменьшать количество СД в светильнике при неизменном значении его светового потока благодаря более эффективному использованию каждого СД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование стандартной модели светодиода в среде Multisim / С.С. Капитонов, Н.Н. Беспалов, А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов // Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 4(37). Том 1. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2014. – С. 73–75.
2. Разработка электрической модели светодиода в среде Multisim / С.С. Капитонов, Н.Н. Беспалов, А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов, Денис Р. Кильмямятов, Диас Р. Кильмямятов / Научно-технический вестник Поволжья. – Казань: ООО «Научно-технический вестник Поволжья», 2015. – Вып. № 1. – С. 99–102.

3. Особенности создания электрической модели светодиода / С.С. Капитонов, Н.Н. Беспалов, А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов / Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. – практич. конф. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – С. 83–85.

4. Исследование зависимости прямого напряжения светодиода от температуры / С.С. Капитонов, А.В. Капитонова / Научный альманах. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – Вып. № 5 (7). – С. 135–138.

5. Исследование температурной зависимости характеристик мощного светодиода / С.С. Капитонов, А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов / Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики» с международным участием в рамках III Всероссийского светотехнического форума с международным участием. Саранск: ИП Афанасьев В.С., 2015. – С. 335–338.

6. Моделирование температурной зависимости потока излучения мощного светодиода / С.С. Капитонов, А.В. Капитонова / Новый университет. Серия «Технические науки». Йошкар-Ола: ООО «Коллоквиум», 2015. – Вып. № 3–4. – С. 47–50.

7. Моделирование излучательной характеристики светодиода в среде Multisim / С.С. Капитонов, А.В. Капитонова / Научный альманах. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – Вып. № 4 (6). – С. 196–200.



Беспалов Николай Николаевич, кандидат техн. наук. Окончил в 1974 г. Новосибирский электротехнический институт. Зав. кафедрой «Электроника и нанoeлектроника» ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва»



Капитонов Сергей Сергеевич, кандидат техн. наук. Окончил в 2010 г. МГУ им. Н.П. Огарёва. Доцент кафедры «Электроника и нанoeлектроника» ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва»



Капитонова Анастасия Владимировна, инженер. Окончила в 2013 г. МГУ им. Н.П. Огарёва. Аспирант кафедры «Источники света» ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва»