

УДК 621.383.52

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Кузьма А. Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель САЦУКЕВИЧ В.Н.

Описывая технические характеристики светодиодного светильника производитель, как правило, делает упор на типы используемых светодиодов. Но надежность современных светильников в большей степени зависит от используемого блока питания. Поэтому задача выбора осветительных приборов с качественными блоками питания является весьма сложной, тем не менее, она решаема.

В светотехнике для обозначения БП часто жаргонно используется термин «драйвер». Драйвер — это устройство, которое стабилизирует ток, питающий светодиоды. Некоторые драйверы способны регулировать световой поток у светодиодов, т.е. диммировать их. Но драйвер не выполняет функций преобразования питающего напряжения и выпрямления тока. Тем не менее, на некоторых БП можно встретить слово driver, означающее в данном контексте стабилизацию выходного тока.

По месту размещения БП делятся на внешние (размещаются вне корпуса) и внутренние (размещаются внутри корпуса светильника). При этом внешние БП могут идти в комплекте со светильником или приобретаться отдельно /1/.

По своей конструкции БП можно разделить на две большие категории — изолированные и неизолированные. Особенностью изолированного БП является то, что его выход не имеет гальванической связи с входом. В принципе, БП изолированного типа — это и есть та самая классическая конструкция БП на основе трансформатора. Данные БП стоят относительно дорого, но они хорошо справляются с бросками напряжения и импульсными помехами, которые есть в электрических сетях.

Неизолированные БП имеют гальваническую связь с выходом. Преимуществами неизолированных БП являются компактность, низкая цена и немного больший КПД, чем у изолированных БП.

Светодиоды не излучают энергию в инфракрасном диапазоне длин волн (как устройства на базе других технологий), они излучают свет только в видимом спектре. Поэтому, несмотря на то, что светодиоды более энергоэффективны, чем другие источники света, они рассеивают намного больше тепла в самой лампе. КПД играет большую роль в выделении тепла. Например, при его снижении с 95 до 85% рассеиваемая мощность уменьшается вовсе не на 10%. Напротив — количество рассеиваемого тепла увеличивается в 3,3 раза. Следствием рассеиваемого тепла является ограничение срока службы компонентов драйвера. Для того, чтобы излучать больше света, лампа должна работать при довольно высокой температуре — часто от 80 до 100°C. При такой температуре срок службы платы драйвера может влиять на долговечность в целом. Особую проблему представляют собой транзисторы и электролитические конденсаторы.

Так как при высоких температурах конденсаторы довольно быстро высыхают, то их срок службы ограничен немногим более 10000 часами, и это становится лимитирующим фактором для длительности работы всей лампы. Выражение для срока службы электролитического конденсатора выглядит следующим образом:

$$L_x = k \cdot L_0 \cdot 2^{(T_s - T_a)/10}$$

где L_x — срок службы; k — коэффициент, определяемый СКЗ тока пульсаций конденсатора и его рабочим напряжением; L_0 — величина срока службы, определенная в стандартных условиях и приведенная в техническом описании компонента; T_s — номинальная температура корпуса; T_a — рабочая температура корпуса. Из уравнения видно, что понижение температуры на 10° увеличивает срок службы в два раза. /3/

Проблему можно решить полной заменой электролитических конденсаторов на керамические, которые являются практически «вечными» электронными компонентами. График на рисунке 1 показывает пример деградации ресурса светодиодной лампы в зависимости от внутренней рабочей температуры лампы. Как можно видеть, при температуре около 80°C срок службы уменьшается для ламп, использующих электролитические конденсаторы по сравнению с лампами, которые используют керамические. /4/

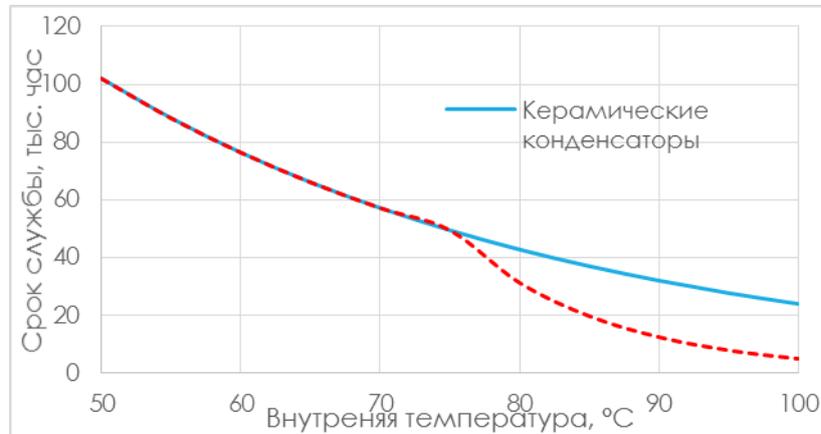


Рисунок 1. При увеличении внутренней температуры лампы ее срок службы уменьшается. Лампы, использующие электролитические конденсаторы на платах драйверов (штриховая линия) имеют меньший срок службы, чем лампы с керамическими конденсаторами (сплошная линия)

Но здесь возникает вопрос цены по отношению к общей целесообразности. Нет смысла в установке конденсаторов со сроком службы 100 тыс. часов в драйвер светильника, светодиоды которого прослужат до 50 тыс. часов.

Срок службы транзисторов, входящих в состав блока питания, также сильно зависит от температуры. При расчете показателей надежности устройств необходимо располагать справочными данными о показателях надежности элементов. В настоящее время основной характеристикой безотказности элементов, приводимой в технических документах, является интенсивность отказов (λ – принимается постоянным в течение определенной наработки и соответствует номинальному электрическому режиму нормальным условиям эксплуатации). На практике условия работы часто являются более жесткими, чем нормальные, поэтому возникает задача определения интенсивности отказов, соответствующей эксплуатационным факторам (электрическому режиму, условиям работы и конструктивно-технологическим особенностям элемента). Эту интенсивность отказов называют эксплуатационной:

$$\text{- для биполярных транзисторов - } \lambda_{\text{Э}} = \lambda_0 K_p K_{\phi} K_D K_U K_{\text{Э}} K_{\text{П}};$$

$$\text{- для полевых транзисторов - } \lambda_{\text{Э}} = \lambda_0 K_p K_{\phi} K_{\text{Э}} K_{\text{П}},$$

где λ_0 – базовая интенсивность отказов элементов данной группы (или конкретного типа), отвечающая температуре окружающей среды +25 °C и номинальной электрической нагрузке; K_p – коэффициент режима работы, зависящий от температуры корпуса элемента; K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий функциональный режим работы прибора; K_D – коэффициент, зависящий от значения максимально допустимой по ТУ нагрузки по мощности (или току); K_U – коэффициент, зависящий от отношения рабочего напряжения к максимально допустимому по ТУ (коэффициента нагрузки по напряжению); $K_{\text{Э}}$ – коэффициент эксплуатации, зависящий от жесткости условий эксплуатации; $K_{\text{П}}$ – коэффициент приёмки, учитывающий степень жесткости требований к контролю качества и правила приёмки элемента в условиях производства. Значения этих параметров сведены в таблицу 1 /2/.

Таблица 1 – Значения параметров математической модели

Тип транзистора	Параметры, входящие в математическую модель					
	$\lambda_B \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	КФ	КД	КУ	КЭ	КП
Биполярные кремниевые	0,044	1,5	0,5	3,03	1,5	5,5
Полевые кремниевые	0,065	1,5	1	1	1,3	5,5

Коэффициент режима работы K_p зависит от температуры окружающей среды. Его значения могут быть рассчитаны с помощью математической модели:

$$K_p = A \cdot \exp \left[\frac{N_T}{273 + t_{окр} + \Delta t} + \left(\frac{273 + t_{окр} + \Delta t}{T_M} \right)^L \right],$$

где $A, N_T, T_M, L, \Delta t$ – константы модели. Для транзисторов $A=5,5; N_T= -1162; T_M= -448; L=13,8; \Delta t=150/2$.

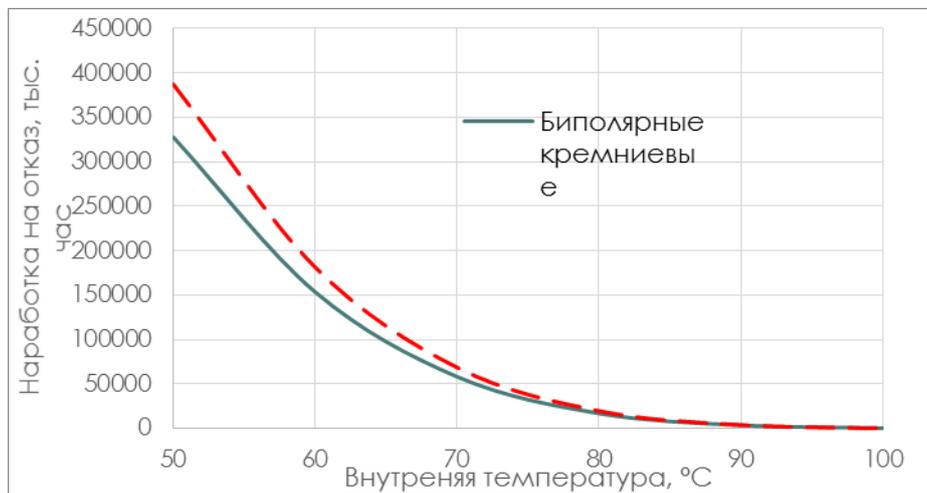
Наработка на отказ вычисляется по формуле: $T_0 = \frac{1}{\lambda_3}$.

Результаты расчета показателей надежности транзисторов при различных температурах окружающей среды сведены в таблицу 2. График зависимости наработки на отказ от температуры окружающей среды приведен на рисунке 2.

Таблица 2 – Расчет показателей надежности при различных температурах

Тип транзистора	Параметр	$t_{окр}, \text{°C}$				
		50	60	70	80	90
Биполярные кремниевые	K_p	3,7	7,9	20,87	72,36	354,12
	$\lambda_3, 10^{-6} \cdot \text{ч}^{-1}$	3,05	6,52	17,22	59,69	292,12
	$T_0, \text{ч}$	327851,89	153479,41	58081,63	16753,09	3423,23
Полевые кремниевые	K_p	3,70	7,90	20,87	72,36	354,12
	$\lambda_3, 10^{-6} \cdot \text{ч}^{-1}$	2,58	5,51	14,55	50,44	246,87
	$T_0, \text{ч}$	387951,61	181614,28	68728,79	19824,16	4050,76

Рисунок 2. Зависимость наработки на отказ транзисторов от температуры окружающей среды



Результаты расчета подтверждают факт снижения срока службы транзистора с

увеличение температуры окружающей среды.

Литература

1. Блок питания как «слабое звено» светодиодного светильника [Электронный ресурс] URL: <http://www.elec.ru> (дата обращения 08.04.2016).
2. Боровиков С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств/ С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян – Минск: БГУИР, 2010. -68 с.: ил.
3. Зависимость времени наработки на отказ электролитических конденсаторов от реальных условий их эксплуатации [Электронный ресурс] URL: <http://www.rtelectronics.ru> (дата обращения 08.04.2016).
4. Срок службы светодиодных светильников [Электронный ресурс] URL: <http://www.russianelectronics.ru> (дата обращения 04.04.2016).