

СЛАБЫЕ ЗВЕНЬЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Кузьма А. Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Сацукевич В. Н.

Надежность изделия в целом определяется характеристиками надежности входящих в него элементов. Описывая технические характеристики светодиодного светильника производитель, как правило, делает упор на типы используемых светодиодов. Тем не менее, надежность светильника определяется не столько светодиодами, сколько блоком питания. Однако некоторые важные параметры данного узла не сообщаются производителями даже по запросу. Поэтому задача выбора светильников с качественными блоками питания является весьма сложной.

Блоком питания (БП) называется источник питания преобразующий электрическую энергию от сети. В светотехнике для обозначения БП часто жаргонно используется термин «драйвер». На самом деле, драйвер — это устройство, которое стабилизирует ток, питающий светодиоды. Другими словами, БП – источник напряжения, а драйвер – источник тока. 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 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. Отличия от классического варианта в том, что трансформатор работает не на частоте сети, а на более высокой частоте. Изолированные 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.

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/.

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 также 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. Рассмотрим серию популярных 150-Вт устройств EUC-150S с постоянным выходным током. Как видно из рисунка 1, если КПД при полной нагрузке и напряжении 220 В AC составляет 92%, величина рассеиваемой мощности равна 13 Вт. Изменение КПД всего лишь на 1% может привести к заметному изменению потерь мощности. Поскольку у разных моделей драйверов величина КПД может значительно варьировать, температура внутри корпусов устройств существенно различается /4/.

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.

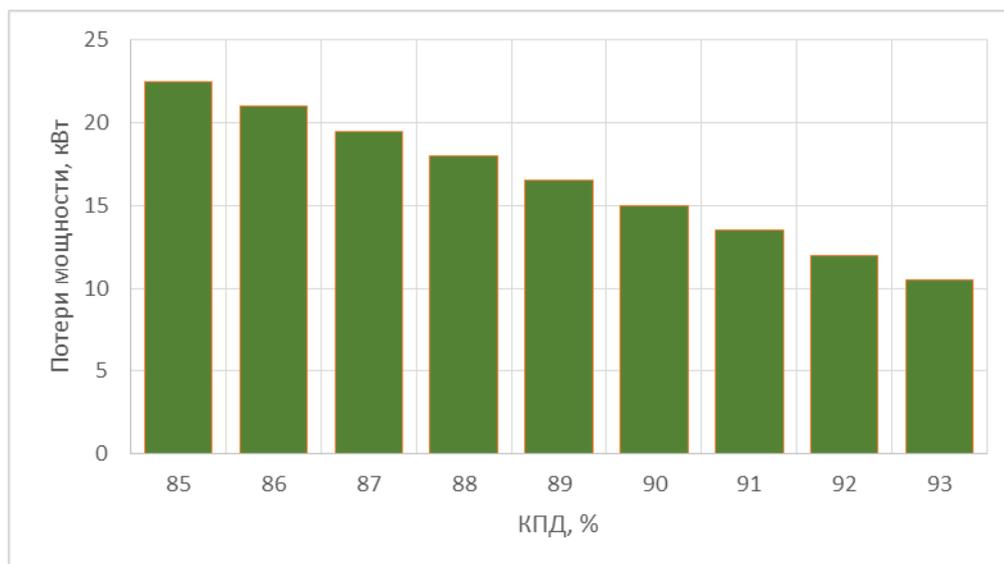


Рисунок 1. Зависимость потерь мощности от КПД для 150-Вт драйвера

Транзисторы, входящие в состав драйвера светодиодного светильника, также являются элементами, чей срок службы 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:

-для биполярных транзисторов - $\lambda_{\text{э}} = \lambda_0 K_p K_{\phi} K_d K_U K_{\text{э}} K_{\text{п}}$;

-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 °С 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 жёсткости условий эксплуатации; $K_{\text{п}}$ - коэффициент приёмки, учитывающий степень жёсткости 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					
	$\lambda_{\text{Б}} \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	K_{ϕ}	K_d	K_U	$K_{\text{э}}$	$K_{\text{п}}$
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: $T_0 = \frac{1}{\lambda_э}$.

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	$t_{окр}, ^\circ\text{C}$				
		50	60	70	80	90
Биполярные кремниевые	K_p	3,7	7,9	20,87	72,36	354,12
	$\lambda_э, 10^{-6} \cdot \text{ч}^{-1}$	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
	$\lambda_э, 10^{-6} \cdot \text{ч}^{-1}$	2,58	5,51	14,55	50,44	246,87
	$T_0, \text{ч}$	387951,61	181614,28	68728,79	19824,16	4050,76

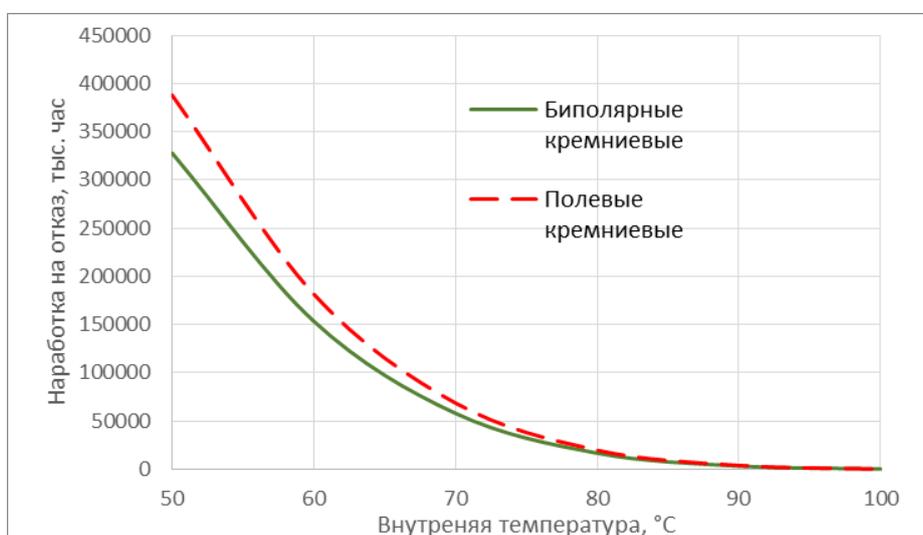


Рисунок 2. Зависимость наработки на отказ транзисторов от температуры окружающей среды

Результаты расчета подтверждают факт снижения срока службы транзистора с увеличением температуры окружающей среды.

Конденсаторы, которые используются в драйвере, при рабочих температурах светильника довольно быстро высыхают. 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 3 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/.

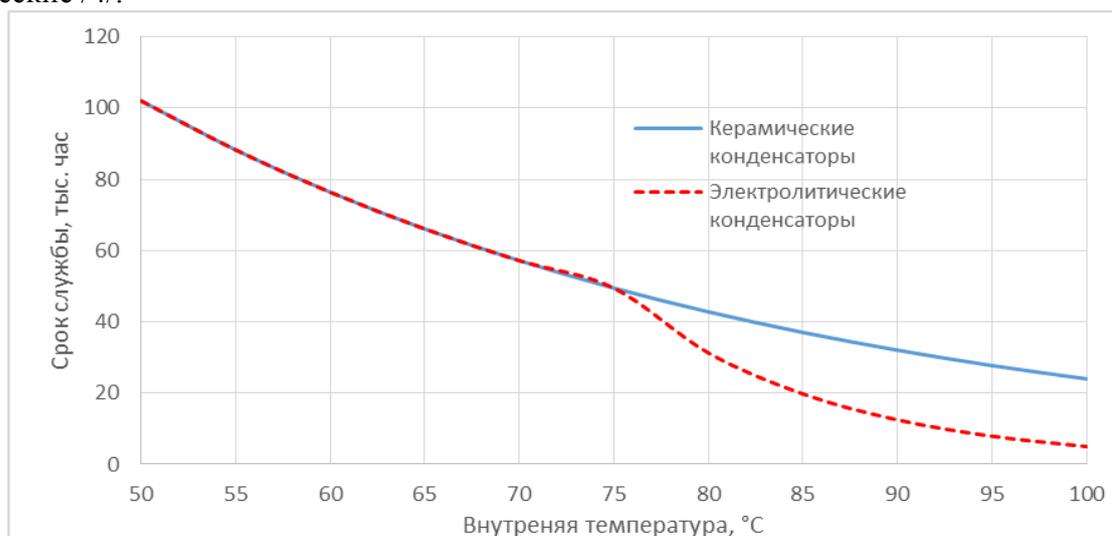


Рис. 3. При увеличении внутренней температуры лампы ее срок службы уменьшается. Лампы, использующие электролитические конденсаторы на платах драйверов (красная линия) имеют меньший срок службы, чем лампы с керамическими конденсаторами (синяя линия)

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

Теоретически оптимальным выбором является БП, специально разработанный для определенной модели светильника. На практике это могут удачно реализовать либо компании, имеющие, помимо светотехнического, еще и мощный бизнес по производству электронных устройств (LG, Philips), либо светотехнические компании, чьи БП хорошо зарекомендовали себя на рынке (Osram). В остальных случаях предпочтительным вариантом является использование в светильнике БП от ведущих фирм, специализирующихся на данном виде продукции (Meanwell, Helvar, Vossloh-Schwabe и некоторые другие). Использование унифицированного БП легкой заменяемой конструкции важно еще и для возможного ремонта светильника, так как БП обычно выходит из строя быстрее, чем светодиоды /1/.

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.ptelectronics.ru> (дата обращения 08.04.2016).

4.Срок службы светодиодных светильников [Электронный ресурс] URL: <http://www.russianelectronics.ru> (дата обращения 04.04.2016).