

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/

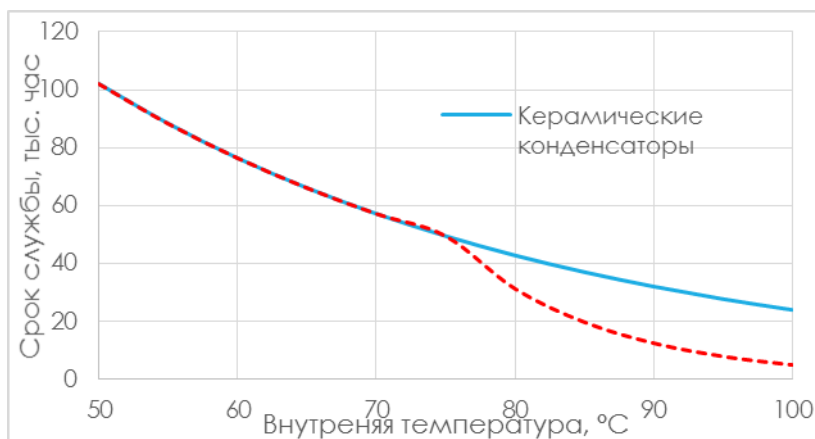


Рисунок 1. При увеличении внутренней температуры лампы ее срок службы уменьшается. Лампы, использующие электролитические конденсаторы на платах драйверов (штриховая линия) имеют меньший срок службы, чем лампы с керамическими конденсаторами (сплошная линия)

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 ( $\lambda$  – 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  $\lambda_0$  – 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;  $K_{\phi}$  – 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  $A=5,5; N_T= -1162; T_M= -448; L=13,8; \Delta t=150/2$ .

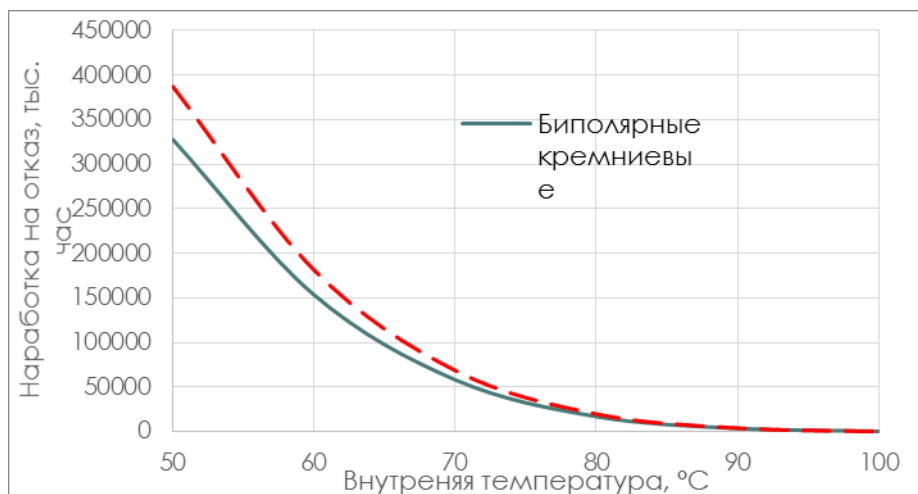
Наработка на отказ вычисляется по формуле:  $T_0 = \frac{1}{\lambda_3}$ .

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).