

НАДЕЖНОСТЬ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Кузьма А.Ю., Михайлова Я.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Сацукевич В.Н.

Современные производители светодиодных светильников утверждают, что срок службы таких приборов составляет порядка 50000 часов, что при малом энергопотреблении и прочих достоинствах делает их весьма выгодными. Однако со временем интенсивность свечения светодиодов снижается, поэтому при расчете надежности необходимо учитывать температурные условия работы светильника.

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). Из [1,2,3] принимаем значения λ_0 для элементов схемы (Рисунок 1) и сводим их в таблицу 1.

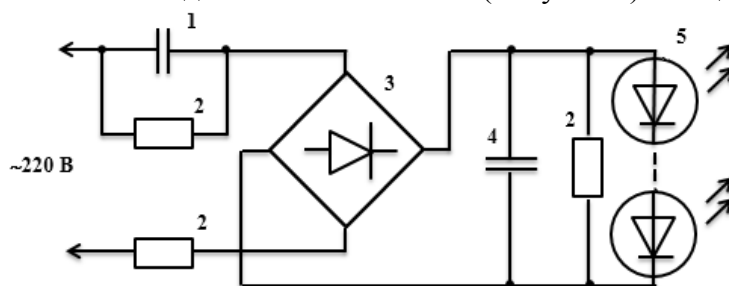


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства простейшего светодиодного светильника, где 1 – балластный конденсатор C1; 2 -резисторы R1-3; 3 – выпрямитель, собранный на диодах VD1-VD4; 4 – электролитический конденсатор C2; 5 - светодиоды HL1-HL27.

Таблица 1 – Справочные значения интенсивности отказов элементов:

Элемент:	R1-3	C1	C2	VD1-4	HL1-27
$\lambda_0 \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	0,044	0,022	0,173	0,21	0,034

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 [1]:

$$\lambda_3 = \lambda_0 \prod_{i=1}^m K_i.$$

m – количество факторов, принятых во внимание из числа влияющих на безотказность элементов; K_i – поправочный коэффициент, учитывающий влияние i -го фактора (K_p - учитывает значение мощности рассеивания в рабочем режиме; K_t - учитывает значение температуры элемента; K_f - учитывает функциональное назначение ИМС; K_d - учитывает максимально допустимую нагрузку по мощности (току); K_u - учитывает отношение рабочего напряжения к максимально допустимому; K_c - учитывает значение номинальной емкости; K_R - учитывает значение номинального сопротивления).

Для элементов схемы модель для расчета эксплуатационной интенсивности отказов будет иметь вид:

$$\begin{aligned} R1-R3: \lambda_3 &= \lambda_0 K_p K_R K_M K_d K_c K_{II}; \\ C1 - C2: \lambda_3 &= \lambda_0 K_p K_c K_c K_c K_{II}; \\ VD1-VD4: \lambda_3 &= \lambda_0 K_p K_\phi K_t K_d K_u K_c K_{II}; \end{aligned}$$

$$HL1-HL27: \lambda_3 = \lambda_0 K_p K_\phi K_t K_d K_u K_\varepsilon K_\Pi;$$

В таблице 2 сведены значения поправочных коэффициентов K

Таблица 2 – Значение поправочных коэффициентов, учитывающих влияние i -го фактора

	K_p	K_t	K_ϕ	K_d	K_u	K_c	K_R	K_M	K_d	K_ε	K_n
<i>RI-3</i>	1,03	-	-	-	-	-	2	1,7	1	3	5
<i>CI</i>	0,12	-	-	-	-	0,389	-	-	-	3	5
<i>C2</i>	0,12	-	-	-	-	0,2	-	-	-	3	5
<i>VDI-4</i>	0,26	1	1,5	0,6	0,7	-	-	-	-	3	8
<i>HLI-27</i>	0,26	1	1	0,6	0,7	-	-	-	-	3	8

В таблице 3 представлены результаты расчетов эксплуатационной интенсивности отказов элементов схемы при заданных поправочных коэффициентах K_i

Таблица 3 – Результаты расчетов эксплуатационной интенсивности отказов элементов срасчетной схемы

Элементы схемы	n	PK_i	$\lambda_{эj}$	$\lambda_{эj} n_j \cdot 10^{-6}$
<i>RI-3</i>	3	52,53	2,31132	6,93396
<i>CI</i>	1	0,700976	0,015421	0,015421
<i>C2</i>	1	0,36	0,06228	0,06228
<i>VDI-4</i>	4	3,9312	0,825552	3,302208
<i>HLI-27</i>	27	2,6208	0,089107	2,405894

Суммарная интенсивность отказов устройства: $\Lambda_3 = \sum_{i=1}^N \lambda_{эi} n_i$

Наработка на отказ: $T_0 = \frac{1}{\Lambda_3}$;

С точки зрения надежности элементы электрической схемы соединены последовательно, следовательно, отказ всей схемы происходит при отказе хотя бы одного элемента.

Вероятность безотказной работы при экспоненциальном законе надежности элементов за время $t_p = 50000$ ч рассчитывается по формуле: $P(t_p) = e^{-\frac{t_p}{T_0}}$.

Результаты расчетов показателей безотказной работы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчетные значения показателей безотказной работы

$\Lambda_3, \text{ч}^{-1}$	12,71976
$T_0, \text{ч}$	78617,81
P	0,529412

Полученные значения верны при температуре p - n перехода равной 25°C , что на практике недостижимо. В условиях эксплуатации эта температура значительно выше, что приведет к снижению излучательной способности. Для светодиодов при повышении температуры от 25 до 125°C интенсивность свечения снижается примерно до уровня 70% от номинала. Обычно светодиодные светильники проектируют так, чтобы температура перехода в рабочем режиме не превышала 80°C [4].

Для учета влияния температуры p - n перехода на надежность вводится коэффициент K_t , значение которого определяется по формуле:

$$K_t = e^{-B_a \left(\frac{1}{T_{\Pi} + 273} - \frac{1}{298} \right)};$$

где T_p – температура p - n перехода; Ba – коэффициент; $Ba = 3091$.

Пересчет значений показателей безотказной работы будет произведен для четырех значений рабочих температур p - n перехода, результаты расчета сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчета показателей безотказной работы для различных значений температур p - n перехода.

$T_p, ^\circ\text{C}$	25	50	80	100
K_t	1,0000	2,3100	5,0335	8,0496
$\Lambda_3, \text{ч}^{-1}$	12,7198	19,7512	35,7432	52,9595
$T_0, \text{ч}$	78617,81	50629,84	27977,34	18882,36
P	0,529412	0,372484	0,167435	0,070794

На основании расчетов можно сделать вывод о том, что увеличение температуры в области p - n перехода полупроводниковых элементов существенно снижает надежность светодиодного светильника, поэтому при проектировании и выборе оборудования нужно уделять особое внимание разработке грамотной системы теплоотвода, чтобы обеспечить максимальный срок службы светильника.

Литература

1. Боровиков С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств/ С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян – Минск: БГУИР, 2010. -68 с.: ил.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники/ Б.Р. Левин – М.: Радио и связь, 1989 – 656с.: ил.
3. Козлов Б.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики/ Б.А. Козлов, И. А. Ушаков – М. “Советское радио”, 1975 – 472с.
4. Обзор светодиодной продукции [Электронный ресурс] URL: <http://www.svet-diod.com> (дата обращения 10.04.2015)