

2. Зализный, Д. И. Микроэлектронные и микропроцессорные устройства в энергетике : учеб. пособие / Д. И. Зализный. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 194 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СВЕТОДИОДОВ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

К. А. Агунович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. И. Кравченко, Т. Н. Савкова

Получено выражение для расчета остаточного ресурса светодиодов осветительной установки. Проведен расчет остаточного ресурса светодиода для температур активной области в диапазоне 85–150 °С при токах инжекции от 0,35 до 0,7 А. Показано, что нормированное, гарантированное значение срока службы 50000 ч соответствует режиму работы светодиода при токе инжекции 0,375 А с температурой перехода около 91 °С.

Ключевые слова: остаточный ресурс, срок службы, светодиод, температура активной области, ток инжекции, осветительное устройство.

Надежность и срок службы светодиодных осветительных устройств зависят от различных факторов. К наиболее важным из них следует отнести влажность, температуру, ток и напряжение питания, механическое и химическое воздействия, световое излучение. Один или несколько факторов могут привести к полному отказу осветительного устройства или повлиять на характеристики старения в долгосрочной перспективе и таким образом вызвать изменение надежности и срока службы светодиодных источников света. Определение остаточного ресурса светодиодной осветительной установки в реальном времени может повысить эксплуатационную надёжность систем освещения, а также позволит своевременно осуществлять их замену. Для оценки срока службы светодиодов (СД) на основе предложенной в [1–3] методики учета остаточного ресурса СД в осветительной установке рассматривались различные режимы работы СД ARPL-3W6000

Чтобы спрогнозировать остаточный ресурс светодиодов светодиодной осветительной установки (ОС), используем коэффициент оптического и теплового износа f_i , который находится по выражению

$$f_i = \frac{E_{\Delta t_i}}{E_{\text{норм}}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{норм}}$ – нормированное значение срока службы СД; $E_{\Delta t_i}$ – значение остаточного ресурса светодиодной осветительной установки за период дискретизации по закону Аррениуса для i -го измерения.

Тогда время выработки светодиодной осветительной установки за период дискретизации Δt_i равно:

$$E_{\text{выпр}i} = \frac{\Delta t_i}{f_i}. \quad (2)$$

Остаточный ресурс определяем по выражению

$$E_{\text{ост}} = E_{\text{норм}} - E_{\text{выр}}, \quad (3)$$

где $E_{\text{выр}}$ – время выработки.

Таким образом, формула для расчета остаточного ресурса светодиодной осветительной установки будет иметь окончательное выражение:

$$E_{\text{ост}} = E_{\text{норм}} - \sum_{i=1}^n E_{\text{выр}i} = E_{\text{норм}} - \sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_i E_{\text{норм}}}{A} e^{BT_i}, \quad (4)$$

где n – количество периодов дискретизации; A и B – коэффициенты, характеризующие скорость теплового износа СД; T_i – средние температуры активной области СД для i -го измерения. Для определения остаточного ресурса СД осветительной установки воспользуемся законом Аррениуса. На основании закона составим систему уравнений:

$$\begin{cases} E_1 = Ae^{-BT_1}; \\ E_2 = Ae^{-BT_2}, \end{cases} \quad (5)$$

где A и B – коэффициенты, которые необходимо рассчитать исходя из сроков службы СД $E_1 = 250000$ ч и $E_2 = 75000$ ч по уровню снижения светового потока на 50 % при температурах активной области СД $T_1 = 61$ °С и $T_2 = 84$ °С. Подставляя в выражение (5) численные значения E_1 , E_2 , T_1 и T_2 , получим $A = 6091235,45$ ч и $B = 0,052346644$ 1/°С. Затем, подставив в выражение (5) значения коэффициентов A и B , а также нормированное значение срока службы – 50000 ч и время дискретизации – 2500 ч, получим выражение для расчетов остаточного ресурса СД осветительной установки:

$$E_{\text{ост}} = 50000 - \sum_{i=1}^n \frac{2500 \cdot 50000}{6091235,45} e^{0,052346644 \cdot T_i}. \quad (6)$$

Как видно, остаточный ресурс СД и осветительной установки в конечном счёте определяется температурой активной области (АО) СД. Определение температуры активной области проводилось в работах [4, 5] калориметрическим способом с использованием экспериментальной установки, основными элементами которой являются: калориметр, микроконтроллер, блок питания и персональный компьютер. Температура активной области СД T_j , находилась исходя из того, что тепловая энергия, приходящая от активной области путем теплопередачи на поверхность линзы и корпус, или других элементов СД в условиях стационарного режима, рассеивается в окружающую среду тепловым излучением и конвекционными потоками. Температура АО СД определяет температуры элементов СД и ОС в целом, является основным параметром, от которого зависит надежность и срок службы светодиодных ОС.

Расчет остаточного ресурса проводился для светодиода ARPL-3W6000 для температур активной области в диапазоне 85–150 °С при токах инжекции от 0,35 до 0,7 А по формуле (6), а результаты расчета представлены в таблице. Для температуры $T_j = 150$ °С остаточный ресурс оказался равным 2369 ч.

Результаты расчета остаточного ресурса светодиода ARPL-3W6000

За время, ч	Остаточный ресурс, часов						
	$E_{ост}$ при $T_{j1} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	$E_{ост}$ при $T_{j2} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$	$E_{ост}$ при $T_{j3} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	$E_{ост}$ при $T_{j4} = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$	$E_{ост}$ при $T_{j5} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$	$E_{ост}$ при $T_{j6} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$	$E_{ост}$ при $T_{j7} = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$
2500	48243,8	47396,3	47396,3	43499,8	39028,5	31481,5	18743,2
5000	46487,5	44792,6	44792,6	36999,5	28056,9	12963,0	–
7500	44731,3	43155,0	38446,5	30499,3	17085,4	–	–
10000	42975,0	40873,3	34595,4	23999,1	6113,8	–	–
12500	41218,9	38591,7	30744,2	12500,8	–	–	–
15000	39462,0	36310,0	26893,1	10998,6	–	–	–
17500	37706,4	34028,3	23041,9	5798,4	–	–	–
20000	35950,2	31746,7	19190,8	–	–	–	–
22500	34193,9	29465,0	15339,6	–	–	–	–
25000	32437,7	27183,3	11488,5	–	–	–	–
27500	30681,5	24901,7	7637,3	–	–	–	–
30000	28925,2	22620,0	3786,2	–	–	–	–
32500	27169,0	20338,3	–	–	–	–	–
35000	24412,8	18056,7	–	–	–	–	–
37500	23656,6	15775,0	–	–	–	–	–
40000	21899,6	13493,4	–	–	–	–	–
42500	20144,1	11211,7	–	–	–	–	–
45000	18387,9	8930,0	–	–	–	–	–
47500	16631,6	6648,4	–	–	–	–	–
50000	14875,4	4366,7	–	–	–	–	–

Из таблицы видно, что рассчитанные режимы работы светодиода и светодиодного осветительного устройства в целом подтверждают гарантированный срок службы, равный 50000 ч при температурах АО ниже 85 °С и около 90 °С. Как установлено, при токе инжекции 0,375 А (температура АО – 91,7 °С) срок службы будет соответствовать нормированному производителем времени срока службы около 50000 ч.

Таким образом, получена формула для расчета остаточного ресурса светодиода ARPL-3W6000. Рассчитан остаточный ресурс при работе светодиода в течение 2500–50000 ч для токов инжекции 0,35–0,7 А, что соответствует температуре АО в пределах 85–150 °С.

Литература

1. Савкова, Т. Н. Автоматизация расчета остаточного ресурса светодиодных осветительных установок / Т. Н. Савкова / Вестн. Беларус.- Рос. ун.-та. – 2020. – № 4. – С.32–36.
2. Автоматическая система контроля остаточного ресурса светодиодного светильника/ Т. Н. Савкова [и др.] // Современные проблемы машиноведения : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, 22 окт. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого,

- Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2020. – С. 198–200.
3. Савкова, Т. Н. Прогнозирование остаточного ресурса светодиодного светительного устройства / Т. Н. Савкова, Г. И. Селиверстов Ю. Н. Колесник // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф., Прокопьевск, 13–14 апр. 2022 г. / КузГТУ. – Прокопьевск, 2020. – С. 166–169.
 4. Савкова, Т. Н. Калориметрический способ определения тепловых характеристик мощных светодиодов / Т. Н. Савкова, А. И. Кравченко, Ю. Н. Колесник // Естеств. и техн. науки. – 2016. – № 11. – С. 152–155.
 5. Colorimetric method of determining the temperature of the active region of high-power leds / T. Savkova [et al.] // Danish scientific journal. – 2018. – Vol. 2, N 18. – P. 32–36.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ОРГАНИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ РЕНКИНА И ПАРΟΣИЛОВЫХ УСТАНОВОК

В. Ю. Шлегель

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник

Направлена на сравнение тригенерационных установок на органическом цикле Ренкина и паросиловых установок. Разработанная схема полигенерации позволяет вырабатывать не только электричество, теплоту и холод, но и дополнительно производить углекислоту в жидком и газообразном состоянии. При помощи разработанной запатентованной программы по моделированию полигенерационных установок произведен эксергетический анализ когенерационного, тригенерационного и полигенерационного способов утилизации вторичных энергетических ресурсов. Получены экономические показатели исследуемых вариантов схем. Проведен их технико-экономический анализ. Наилучшими технико-экономическими показателями обладает полигенерационная установка на диоксиде углерода с динамическим сроком окупаемости 3,2 года при ставке дисконтирования 10 %.

Ключевые слова: тригенерационная установка на органическом цикле Ренкина, паросиловая установка.

В работе предложены схемы тригенерационного и полигенерационного способов утилизации вторичных энергетических ресурсов на базе турбин на органическом цикле Ренкина с промежуточным перегревом и сверхкритическими параметрами рабочего тела. В качестве рабочих тел схем тригенерации и полигенерации рассматривались озонобезопасный хладагент R410A и диоксид углерода соответственно. Полезное использование полученной из продуктов сгорания углекислоты позволяет снизить выбросы диоксида углерода в атмосферу. Для сравнения предложена когенерационная схема с классическим циклом Ренкина на водяном паре. Получены экономические показатели исследуемых вариантов схем и осуществлен их технико-экономический анализ.

Все более широкое применение в малой энергетике находят схемы на органическом цикле Ренкина (ОЦР) (рис. 1), в котором в качестве рабочих тел используются органические вещества с более низкой, чем у воды температурой кипения.