

Секция 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

УДК 621.32

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДОВ
В ДЕКОРАТИВНОМ ОСВЕЩЕНИИ

Шуканов А.И.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КОЗЛОВСКАЯ В.Б.

Светодиод (СД) – полупроводниковый прибор, основанный на *p-n* переходе и предназначенный для излучения света в видимом диапазоне. В английской аббревиатуре LED – light emitting diode.

Конструктивно светодиод представляет собой соединённые вместе две части из полупроводника с различными типами проводимости.

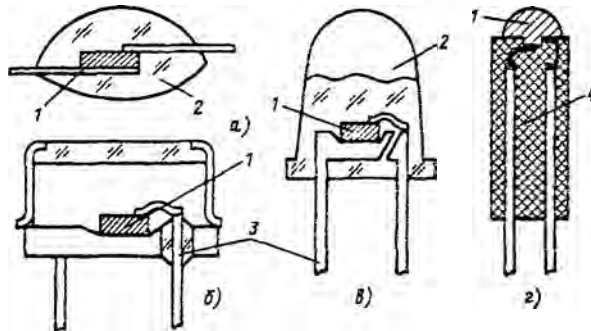


Рисунок 1. Конструкции некоторых типов СИД: а – бескорпусный; б – в металлостеклянном корпусе; в – с полимерной линзой в полимерном корпусе: 1 – кристалл; 2 – полимерная защита; 3 – ножка; 4 – полимерный корпус

При прохождении электронов через зону *p-n* перехода (активная зона *p-n* прибора) электроны рекомбинируют с дырками, причём для производства светодиодов используются материалы, в которых рекомбинация носит не тепловой а излучательный характер. Одной из модификаций светодиодов, являются полупроводниковые лазеры, которые сейчас используются в самых современных системах хранения информации.

В настоящее время существует множество осветительных устройств, основанных на СД. Основными областями их применения являются:

- настольные и настенные светильники;
- навигационное оборудование (огни, буи, светофоры и т. д.);
- карманные фонари;
- светильники направленного света с изменяющимся цветом;
- архитектурная и акцентирующая подсветка;
- ориентационные световые приборы (дежурное, аварийное освещение и т. д.);
- рекламное, витринное, ландшафтное и другое декоративное освещение.

Разработаны светодиоды различной формы и размеров и на различные номинальные напряжения и токи. Существуют мощные светодиоды на номинальный ток до одного ампера. Они выделяют значительное количество тепла, поэтому в их конструкцию входит массивная металлическая подложка, эффективно отводящая тепло от полупроводникового кристалла. Самыми же распространёнными являются 5-миллиметровые светодиоды, конструкция которых была разработана ещё в 70-е годы. Далее речь пойдёт именно об этих светодиодах.

В данной работе произведена общая оценка целесообразности использования светодиодных прожекторов в декоративном внешнем освещении в сравнении с существующими прожекторами на основе металлогалогенных ламп типа ДРИ. В основу сравнения было положено, что прожекторы на основе ламп типа ДРИ и на основе светодиодов должны обеспечивать одинаковый световой поток. Особенность прожекторов на основе светодиодов состоит в том, что они набираются из большого числа высокоэффективных светодиодов малой мощности, поэтому световой поток можно гибко варьировать. Задавшись световым потоком как точкой отсчёта, сравним варианты организации архитектурного освещения на основе светодиодов и с помощью металлогалогенных ламп типа ДРИ по основным техническим и ценовым показателям. За расчётный период принимаем один год, при этом принимая во внимание, что архитектурное освещение включается только в тёмное время суток.

Стоимость прожекторов для двух вариантов сильно различается. Средняя цена для прожектора на основе металлогалогенной лампы составляет около 60 долл, в то время как стоимость аналогичного устройства на основе светодиодов составляет ориентировочно 250 долл. Такая высокая цена объясняется прежде всего ценой на сами светодиоды, поскольку они всё ещё являются дорогостоящими устройствами. Основной характеристикой эффективности любого источника света является световая отдача H (лм/Вт) представляющая собой отношение светового потока, генерируемого источником света, к активной мощности, потребляемой для создания этого потока. Для сравнения были приняты светодиоды, аналогичные светодиодам Nichia, обеспечивающие световой поток не менее 100 лм/Вт.

Потребляемая рассматриваемой лампой типа ДРИ мощность составляет 125 Вт при световом потоке 8 500 лм. Потери в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА) этих ламп составляют приблизительно 10 %. С учетом этого световая отдача комплекта лампы ДРИ – ПРА составит:

$$H = \frac{\Phi}{P(1 + 0,1)} = \frac{8\,500}{125 \cdot (1 + 0,1)} = 61,8 \text{ лм/Вт.}$$

При расчёте светодиодного прожектора необходимо учитывать то обстоятельство, что светодиоды работают на постоянном токе, поэтому для питания от линий переменного тока необходимо использовать выпрямитель, КПД которого в сравнительном расчёте был принят равным 90 %. Таким образом, для создания заданного светового потока от светодиодов, имеющих световой выход 100 лм/Вт, необходима мощность в 94 Вт:

$$P_{\text{СД}} = \frac{\Phi}{H\eta} = \frac{8\,500}{100 \cdot 0,9} = 94 \text{ Вт.}$$

При этом получаемая экономия потребляемой мощности составляет:

$$\Delta P = \frac{P_{\text{ДРИ}} - P_{\text{СД}}}{P_{\text{ДРИ}}} 100 \% = \frac{125 - 94}{125} 100 \% = 25 \% .$$

С точки зрения периодичности технического обслуживания светодиодный прожектор является гораздо более привлекательным вариантом, чем прожектор с металлогалогенной лампой, поскольку срок службы светодиодного источника света составляет 10 000 часов работы, тогда как срок службы рассматриваемой лампы типа ДРИ в среднем 3 000 часов. Если принять время работы прожекторов декоративного освещения равным продолжительности тёмного времени суток, то время непрерывной работы за год приблизительно составляет $T = 4\,380$ часов. Фактически, в таком случае лампу типа ДРИ в светильнике придётся заменять приблизительно раз в год, а прожектор на основе светодиодов не требует замены в течение более чем 22 лет. Продолжительный срок службы является одной из наиболее сильных сторон применения светодиодов, особенно в наружном освещении. Замена перегоревших ламп в уличных светильниках

и прожекторах для освещения фасадов зданий является трудоёмкой и затратной операцией.

Газоразрядные лампы имеют высокий пусковой ток, который может превышать номинальный более чем в 2 раза. Это может приводить к перегрузкам питающей осветительной сети в момент включения освещения. В случае применения светодиодов пусковой ток равен номинальному и опасность перегрузки полностью снимается.

По приведенным выше данным можно приближенно оценить срок, за который светодиодный прожектор даст денежную экономию, способную скомпенсировать значительные затраты на его приобретение. Принимая стоимость рассматриваемой металлогалогенной лампы равной $C = 7$ долл. и считая, что замена лампы осуществляется раз в год, а также рассчитывая экономию средств за счёт снижения энергопотребления, рассчитаем срок окупаемости. Принимаем, что время работы осветительной установки совпадает с периодом минимальных нагрузок, для которого тариф устанавливается в размере $\beta = 74,7$ руб/кВт·ч (0,035 долл./кВт·ч).

Сумма, которую позволяет сэкономить установка светодиодных прожекторов за год, равна:

$$\Delta C_{\text{год}} = C + (P_{\text{ДРИ}} - P_{\text{СД}}) \cdot 10^3 T \beta = 7 + (125 - 94) \cdot 10^3 \cdot 4380 \cdot 0,035 = 11,8 \text{ долл./год.}$$

Тогда срок, за который выгода от применения светодиодного прожектора компенсирует дополнительные затраты на его приобретение будет равен:

$$T = \frac{\Delta C}{\Delta C_{\text{год}}} = \frac{C_{\text{ДРИ}} - C_{\text{СД}}}{\Delta C_{\text{год}}} = \frac{250 - 60}{11,8} \approx 16 \text{ лет.}$$

Принято, что время работы осветительной установки совпадает с периодом минимальных нагрузок, для которого тариф устанавливается в размере 74,7 руб/кВт·ч.

Как видно из произведенных расчетов, срок окупаемости значительный, поэтому в настоящее время замена источников света, применяемых в архитектурном освещении, на светодиодные не представляется целесообразной. Однако, ведётся разработка новых светодиодов с улучшенными характеристиками и уже через год специалистами фирмы Nichia прогнозируется создание светодиодов со световой отдачей 150 лм/Вт, что приведёт к созданию прожекторов и светильников, сопоставимых по своим светотехническим характеристикам с лучшими из существующих источников света и применимых практически во всех сферах. Кроме того, по мере развития производства светодиодов их стоимость будет снижаться, что сделает освещение на их основе более доступным.

В США уже разработана программа перехода на светодиодное освещение, согласно которой к 2025 году половина осветительных установок различного назначения будет работать на основе светодиодов.

УДК 621.311.1

ВЫБОР УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ СВЕРХТОКОВ В УСТАНОВКАХ ДО 1 КВ

Петрова В.С., Угоренко В.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

Основным видом защиты электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ является защита от сверхтоков. Так как под сверхтоком понимается ток короткого замыкания или длительной перегрузки, то устройства защиты должны обладать соответствующей отключающей способностью. В качестве аппаратов защиты в