

под цилиндрические обмотки управления. Рабочие обмотки будут также цилиндрическими и располагаться на каждом стержне. На каждую фазу в этом случае приходится по две секции рабочих обмоток, соединённых последовательно-согласно. Поскольку фазные рабочие обмотки выполнены в виде двух секций, то поверхность охлаждения их (в отличие от прежней конструкции) увеличивается практически в два раза. Соответственно они будут лучше охлаждаться в рабочем режиме.

УДК 621.32

ОСВЕЩЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДОВ

Шуканов А.И.

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

Светодиод (СД) – полупроводниковый прибор, основанный на р-п переходе и предназначенный для излучения света в видимом диапазоне. В английской аббревиатуре LED – light emitting diode. В основном они известны как индикаторы в аудиоаппаратуре и бытовой технике, однако, наиболее важные перспективы применений светодиодов связаны с их применением для обычного освещения.

Конструктивно светодиод – это полупроводниковый диод, то есть р-п переход. Как известно, р-п – переход представляет собой соединённые вместе две части из полупроводника с различными типами проводимости (рисунок 1).

При прохождении электронов через зону р-п перехода (активная зона р-п прибора) электроны рекомбинируют с дырками, причём для производства светодиодов используются материалы, в которых рекомбинация носит не тепловой а излучательный характер. Для целей обычного освещения интересны светодиоды, излучающие в белом свете. Существует четыре способа создания СД, излучающих белый свет.

Первый способ – смешение излучения трёх или более цветов. Изобретение синих СД замкнуло «RGB-круг»: теперь стало возможным получение любого цвета, в том числе любого оттенка белого цвета простым смешением цветов. При этом могут быть использованы как отдельные светодиоды разных цветов, так и трехкристальные СД, объединяющие кристаллы красного, синего и зеленого свечения в одном корпусе. Для каждого из СД – красного, зелёного или голубого можно выбрать значения тока, соответствующее максимуму его квантового выхода излучения, при этом можно изменять число диодов каждого цвета. Для практических применений этот способ доставляет неудобства, поскольку нужно иметь несколько источников различного напряжения, много контак-

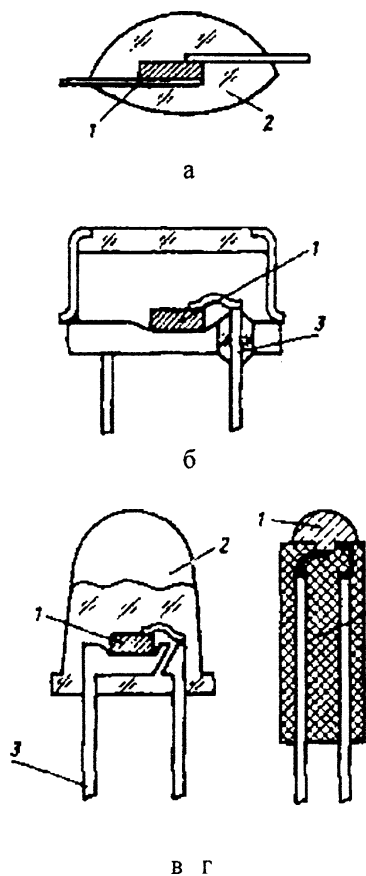


Рисунок 1. Конструкции некоторых типов СИД; а – бескорпусный; б – в металlostеклянном корпусе; в – с полимерной линзой в полимерном корпусе; 1 – кристалл; 2 – полимерная защита; 3 – ножка; 4 – полимерный корпус

ных вводов и устройства, смешивающие свет от нескольких и более СД.

Второй способ – смешение голубого излучения от СД с излучением жёлто-зелёного люминофора, возбуждаемого этим голубым светом. При попадании на люминофор синего излучения СД оно частично проходит через него, а частично переизлучается люминофором. Смешиваясь, эти цвета дают свет, близкий по спектру к белому. Третий способ отличается от второго лишь тем, что синий СД возбуждает зелёный и красный люминофоры, в результате чего смешиваются три цветовых составляющих – красный, зелёный и синий свет, также дающие в результате белый. Эти два способа просты и в настоящее время наиболее экономичны. Кристалл покрывается слоем геля с порошком люминофора так, чтобы часть голубого излучения возбуждала люминофор, а часть – проходила без поглощения. Форма держателя, толщина слоя геля и форма пластикового купола рассчитываются и подбираются так, чтобы спектр имел белый цвет в нужном телесном угле (конусе света). Сейчас исследуется около десятка различных люминофоров для белых СД.

Четвёртый способ основан на смешении излучения трёх люминофоров (красного, зелёного и голубого), размещённых слоями. Люминофоры возбуждаются ультрафиолетовым светодиодом. Этот способ использует люминофоры, разработанные в течение многих лет для люминесцентных ламп, в которых излучение света происходит по тому же принципу. Требуется только два контактных ввода на один излучатель, однако такой способ связан с принципиальными потерями энергии при преобразовании света в люминофорах. Кроме того, эффективность падает из-за того, что каждый из люминофоров имеет свой определённый спектр возбуждения люминесценции, не точно соответствующие спектру излучения кристалла УФ СД.

К этому времени существует множество осветительных устройств, основанных на СД. Основными их применениями 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.

Светодиодные осветительные устройства обычно строятся по принципу соединения множества отдельных светодиодов в одном корпусе для увеличения результирующего светового потока.

В освещении на сегодняшний день наиболее широко используются следующие устройства:

- лампы накаливания;
- люминесцентные лампы;
- галогеновые лампы;
- светодиодные светильники;

Для оценки перспектив использования светодиодов в освещении, сравним эти источники света по нескольким параметрам.

Сравнение по эффективности – наиболее наглядный способ выявления приоритета использования того или иного источника света. На рисунке 2 представлен график, иллюстрирующий динамику эффективности перечисленных источников света.

В архитектурной и ландшафтной подсветке, где критичным фактором становится защищённость осветительной установки от внешних воздействий, всё большее распространение получают светильники на базе сверхярких СД. Это связано, во-первых, с тем, что цветопередача и доступные оттенки чаще всего применяемых в наружном ос-

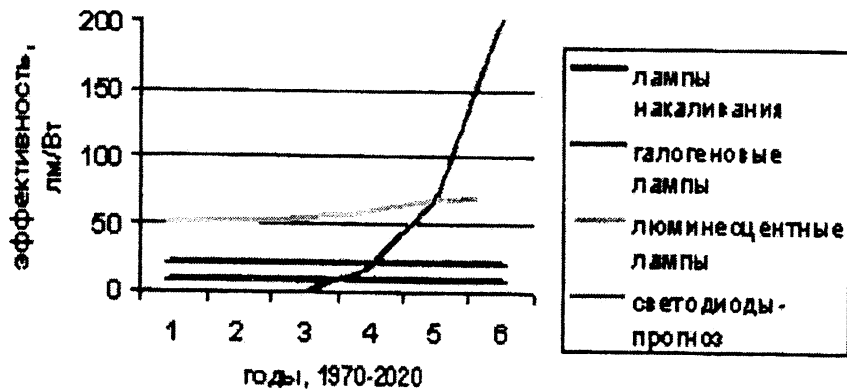


Рисунок 2. Сравнение существующей и прогнозируемой эффективности различных видов освещения

вещении металло-галогенных ламп не сравнимы с теми, которые позволяют добиться светодиоды. Во-вторых, для работы металлогалогенного светильника требуются сравнительно объемные и тяжелые пускорегулирующие механизмы, из-за которых вес одного прибора редко бывает ниже 4–6 кг. В-третьих, в условиях низких температур, от которых светильники на светодиодах не зависят, металлогалоген работает хуже.

В целом, благодаря цветовой температуре и насыщенности цветов, светодиодные светильники дают лучшее качество при подсветке зданий, растений, деревьев, мелких архитектурных форм.

В этом отношении лучше всего себя зарекомендовали светодиодные линейки. В них большое количество СД объединены на одном гибком основании, что очень удобно для декоративного освещения фасадов зданий или создания световых карнизов.

Из недостатков такого вида освещения можно отметить то, что светодиодная линейка не способна растопить скопившийся на ней снег.

Применение СД на транспорте – одно из перспективных направлений светотехники, причём широкие перспективы развития имеют как сигнальное применение СД так и осветительное.

Цветные светодиодные матрицы находят своё применение в светофорах, а фары и сигнальные огни автомобилей на основе СД всё набирают популярность.

СД цветов, отличных от белого, применяются в основном для сигнального освещения, навигационных знаков водных путей, обеспечивая дальность видимости сигнала до 16 км. Применение здесь СД с большим сроком службы позволяет снять одну из главных проблем эксплуатации – замену перегоревших ламп в подводных светильниках. К примеру, лампа на основе СД красного цвета излучения потребляет в 100 раз меньше электроэнергии и служит в 100 раз дольше, чем аналогичная лампа накаливания с красным светофильтром.

Кроме того, подобное применение СД позволяет по-новому взглянуть на вопрос питания сигнальных устройств. Перспективным представляется их питание от альтернативных источников энергии. В условиях Беларуси наиболее эффективны ветрогенераторы и солнечные батареи, взаимодополняющие друг друга в различные сезоны и погодные условия.

Важное применение светодиодные осветительные установки находят в освещении автомобильных туннелей. Аппаратура и отражатели для СД более экономичны и имеют меньшую массу и габариты. Использование СД в освещении туннелей было признано перспективным.

Наиболее известными разработчиками осветительных устройств на основе СД можно назвать фирмы Philips и Lumileds.

Существует множество устройств на основе СД, излучающих в различных спектрах от близкой ультрафиолетовой области до дальней инфракрасной. Наиболее популярны системы контурного освещения типа «полоска» с кристаллами.

В заключение можно отметить, что СД – одна из самых многообещающих и быстро развивающихся технологий в сфере осветительных установок. На волне общего быстрого развития полупроводниковых технологий СД, несомненно, со временем вытеснят традиционные лампы накаливания и люминесцентные лампы во многих областях применения. Пока же основным сдерживающим фактором для повсеместного применения СД является их цена, которая всё ещё выше, чем у традиционных источников света. Однако, за счёт пониженного энергопотребления может быть достигнута экономия и использование СД получит приоритет.

УДК 621.31

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Кажуро С.А., Лагун Н.А., Слесарь И.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор ПОСПЕЛОВА Т.Г.

Нормирование потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является важным инструментом государственной политики энергосбережения и используется для повышения энергоэффективности.

Функции нормирования потребления ТЭР подразделяются на прямые и косвенные.

К прямым функциям нормирования относится определение:

- объемов потребления ТЭР;
- перспективного топливного баланса;
- энергетической составляющей себестоимости продукции.

Косвенными функциями нормирования являются:

- устранение неэффективного использования ТЭР;
- внедрение энергосберегающих мероприятий;
- регулирование энергопотребления на промышленных предприятиях.

В настоящее время в Республике Беларусь действует Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь [1].

Нормы расхода ТЭР классифицируются:

- по количеству нормируемых объектов на индивидуальные и групповые;
- по составу норм расхода ТЭР на технологические и общепроизводственные;
- по периоду действия на текущие (квартальные, годовые), перспективные и прогрессивные (годовые).

В индивидуальную норму расхода ТЭР входят следующие составляющие:

- расход на технологические процессы;
- расход на вспомогательные нужды производства;
- потери ТЭР в сетях и аппаратах.

В случае невозможности точного распределения расхода ТЭР по конкретным видам продукции (работ, услуг), организациям и индивидуальным предпринимателям, выпускающим разнородную продукцию, предписано распределять общецеховой и общезаводской расходы пропорционально потреблению энергии технологическими про-