

Основные аспекты схемотехнического проектирования светодиодных источников освещения с цоколями типа G13.

Ведущий инженер ОКТБ «Индикатор»

Хлуденьков Владимир Николаевич

v_hludenkov@proton-impuls.ru

Введение

Согласно Федеральному Закону от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" под фактический запрет ставятся:

- с 1 января 2011 года лампы накаливания мощностью 100 Ватт и выше
- с 1 января 2013 года лампы накаливания мощностью 75 Вт и выше
- с 1 января 2014 года лампы накаливания мощностью 25 Вт и выше

Как следует из названного выше Федерального Закона, доля ламп накаливания среди источников освещения в ближайшее время станет неуклонно сокращаться. Чем же будет заменена «лампочка Ильича», которая светит нам уже добрую сотню лет? В бытовой и промышленной области имеется всего две достойных замены лампе накаливания: это люминесцентные лампы и лампы светодиодные. Что касается прочих типов источников искусственного освещения, то они, скорее всего, не будут широко применяться: вряд ли кто установит у себя дома, к примеру, натриевую лампу, светящую чистым оранжевым светом.

В нашей стране наибольшее распространение получили два типа цоколей для установки осветительных ламп: цоколь типа E27 (обычный «патрон» для ламп накаливания) и цоколь типа G13 для установки люминесцентных ламп. Исторически сложилось так, что лампы с цоколем типа E27 чаще применяются в бытовой сфере, а с цоколями типа G13 – в торгово-промышленной и в офисах. Далее рассматриваются именно лампы с цоколем типа G13 как наиболее перспективные.

Как уже было отмечено ранее, с цоколем G13 в подавляющем большинстве выпускаются люминесцентные лампы. Стандартная люминесцентная лампа представляет собой стеклянную трубку с четырьмя электродами с обоих торцов; она является достаточно габаритным источником света, форма определена принципом её действия: необходимостью значительного газового промежутка, требуемого для создания области устойчивой иони-

зации газа. По длине существует четыре основных градации люминесцентных ламп: 600 мм, 900 мм, 1200 мм, 1500 мм. Их основные параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры наиболее распространённых типов люминесцентных ламп.

| Тип | P, Вт | R, лм | S, лм/Вт | Длина, мм (округлённо) |
|-----|-------|-------|----------|------------------------|
| ЛД | 20 | 760 | 39 | 600 |
| ЛХБ | 20 | 900 | 45 | 600 |
| ЛБ | 20 | 980 | 49 | 600 |
| ЛТБ | 20 | 900 | 45 | 600 |
| ЛД | 30 | 1380 | 46 | 900 |
| ЛХБ | 30 | 1500 | 50 | 900 |
| ЛБ | 30 | 1740 | 58 | 900 |
| ЛТБ | 30 | 1500 | 50 | 900 |
| ЛД | 40 | 1960 | 49 | 1200 |
| ЛХБ | 40 | 2200 | 55 | 1200 |
| ЛБ | 40 | 2480 | 62 | 1200 |
| ЛТБ | 40 | 2200 | 55 | 1200 |
| ЛД | 80 | 3440 | 43 | 1500 |
| ЛХБ | 80 | 3840 | 48 | 1500 |
| ЛБ | 80 | 4320 | 54 | 1500 |
| ЛТБ | 80 | 3840 | 48 | 1500 |

К основному преимуществу люминесцентных ламп можно отнести то, что люминесцентная лампа греется много меньше лампы накаливания и имеет более высокую световую эффективность (отношение люмен/ватт), однако ей присущ ряд недостатков [1]:

- Основным компонентом люминесцентных (в том числе «энергосберегающих») ламп является ртуть, которая по гигиенической классификации относится к первому классу опасности (чрезвычайно опасное химическое вещество). Даже небольшая компактная лампа содержит 2-7 мг ртути. Самым опасным для здоровья является то, что ртуть в лампе находится в виде паров, которые могут вызвать тяжёлое отравление.
- Люминесцентные лампы мерцают. На промышленных предприятиях, в цехах, где установлены станки и необходимо хорошо различать движущиеся части механизмов или стремительно вращающиеся детали, пульсация светового потока часто может вызывать так называемый стробоскопический эффект, вызывающий неточность обработки деталей, повышенный травматизм, а порою и угрозу для жизни. Именно поэтому люминесцентные лампы рекомендуют использовать лишь в так называемых нерабочих зонах различных помещений.
- Некоторые люминесцентные лампы не приспособлены к работе при температуре

воздуха ниже 0 °С: во-первых, "поджечь" ртутный разряд в минусовой температуре гораздо сложнее, а во-вторых, пары ртути будут излучать меньше ультрафиолета, и, значит, лампа станет гореть более тускло.

- При падении напряжения сети ниже допустимого ухудшаются условия перезажигания. Повышение напряжения выше допустимого вызывает перекал катодов и перегрев пускорегулирующих устройств. И в том, и в другом случае происходит значительное сокращение срока службы ламп.
- Низкая надёжность при частых включениях: интервал между выключением и новым включением лампы должен составлять не менее двух минут.
- Невысокий коэффициент цветопередачи (CRI – color rendering index). Обычные люминесцентные лампы (с двумя слоями люминофора) дают цветопередачу порядка 80%, что соответственно ухудшает восприятие света глазом человека.
- Малая механическая прочность. Во-первых, она обусловлена, стеклянным корпусом, который может разбиться. Во-вторых, люминесцентные лампы имеют нити накала, которые, как и в лампах накаливания, могут легко «стряхнуться»

Все эти недостатки возможно решить, применив лампы аналогичной конструкции, но имеющие совершенно иной принцип действия — светодиодные трубчатые лампы (СТЛ), внешний вид которых приведён на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид светодиодной трубчатой лампы типа Т8.

Такие лампы, в числе прочего, выпускаются и ЗАО «Протон-Импульс». По ходу статьи мы кратко рассмотрим их конструкцию и на их примере разберём основные принципы конструирования аналогичных светотехнических изделий.

Конструктивно лампа типа СТЛ состоит из следующих основных компонентов:

- Корпус;
- Цоколи (по одному с каждой стороны);
- Платы с установленными на них светодиодами;
- Блок питания.

Рассмотрим эти компоненты последовательно.

Выбор применяемых светодиодов, их мощности, типа, количества и расположения.

Первым этапом разработки является определение светотехнических параметров лампы, которые, в свою очередь, напрямую зависят от используемых светодиодов. Основными параметрами светодиодов являются следующие:

- Тип корпуса (т.н. посадочное место);
- Угол половинной светимости;
- Максимальная мощность, максимальный допустимый ток, их зависимость от температуры окружающей среды;
- Относительная светимость, лм/Вт;
- Спектральная характеристика – цвет свечения светодиодов;

И, конечно, важным параметром является стоимость светодиодов.

После проведения сравнительного анализа большого многообразия типов светодиодов, представленных на мировом рынке, был сделан выбор в пользу SMD-светодиодов с корпусом типа 3528. Они имеют угол половинной светимости (яркости) в 120 градусов (график приведён на рисунке). Световая отдача используемых светодиодов составляет более 100 лм/Вт; максимальный допустимый ток — 30 мА, для надёжности рабочий ток не превышает 20 мА. При этом токе допустимо использование лампы во всём бытовом диапазоне температуры.

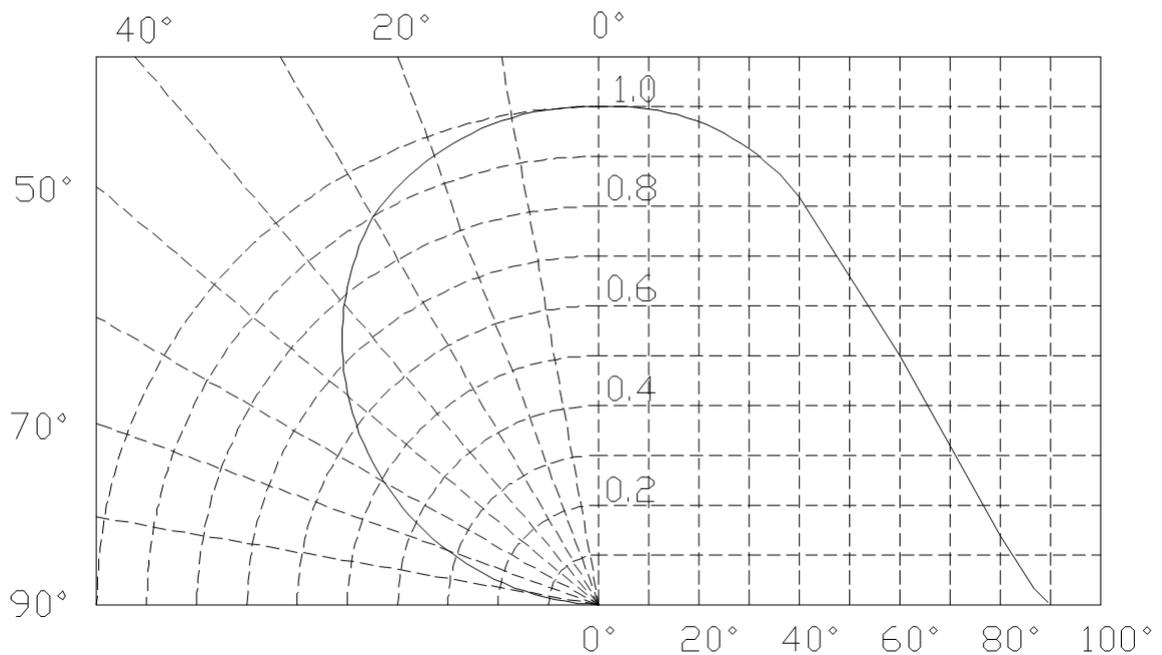


Рисунок 2 — Диаграмма направленности светового потока для SMD-светодиодов

Как известно, люминесцентная лампа светит равномерно во все стороны, её ось является одновременно и осью её светимости. Светодиодные же лампы конструктивно сделаны так (и это является повсеместной практикой), что все светодиоды расположены на одной плоскости и светят в одну сторону. Это позволяет дополнительно увеличить освещённость в нужном месте.

Определим требуемое количество светодиодов для нашего случая:

$$N_{LED} = \frac{\Phi}{\phi} = \frac{600}{6} = 100, \quad (1)$$

где Φ – требуемый световой поток, который должен быть создан лампой, лм;

ϕ – световой поток, создаваемый одним светодиодом, лм.

Оптимальным расположением светодиодов в этом случае является расположение их в один ряд. При этом расстояние между соседними светодиодами составит примерно $l = 500/100 = 5$ мм.

Выбор источника питания, сравнение аналогового и импульсного типов источников питания.

Как известно, для корректной работы светодиодов им требуется постоянный ток. Он обеспечивается источником постоянного тока (стабилизатором, или как сейчас приня-

то говорить - драйвером), который преобразует входное напряжение (обычно переменное 110 либо 220 вольт) в постоянный ток. При этом значение выходного тока зависит от подключенной к драйверу нагрузки.

О достоинствах и недостатках тех или иных типов блоков питания написано уже достаточно много литературы, к примеру [2], [3], поэтому мы не будем подробно останавливаться на этом моменте. Скажем лишь, что для ламп с малой мощностью обычно используются линейные источники питания, а для более мощных — импульсные. Импульсные источники тока, как правило, имеют больший КПД по сравнению с линейными, но стоят дороже их. В нашем случае благодаря оптимально подобранным параметрам линейного стабилизатора тока, стало возможным получение его КПД более 80% на номинальном режиме работы лампы.

Рассчитаем требуемую мощность, которую необходимо подать на светодиоды:

$$P_{LED} = \frac{\Phi}{k} = \frac{600}{105} = 5,7 \text{ Вт}, \quad (2)$$

где Φ – требуемый световой поток, который должен быть создан лампой, лм;

k – относительная светимость светодиодов лм/Вт.

С учётом КПД источника питания, равным $\eta=0,85$, имеем полную мощность лампы:

$$P_{\Sigma} = \frac{P_{LED}}{\eta} = 7 \text{ Вт}. \quad (3)$$

Сравнение и выбор конструкций корпусов.

Корпус лампы выполняет одновременно несколько функций:

- Служит для крепления всех элементов лампы;
- Является основным теплоотводом;
- Является рассеивателем.

Основными материалами, из которых изготавливаются корпуса для ламп типа СТЛ, являются поликарбонат и дюралюминий. При этом существуют два основных типа корпусов: цельный поликарбонатный и разборный алюминиево-поликарбонатный. Разборный корпус, хотя и стоит несколько дороже цельного, имеет перед ним ряд очевидных преимуществ:

- ▲ Более удобный монтаж;

- ^ Более эффективный теплоотвод, обусловленный высоким коэффициентом теплопроводности дюралюминия;
- ^ Применение дюралюминия обеспечивает более высокую механическую прочность лампы.

Дополнительным плюсом применения маломощных светодиодов является то обстоятельство, что их можно устанавливать прямо на стеклотекстолитовые платы, в то время как мощные светодиоды требуется устанавливать на алюминиевые платы для обеспечения теплоотвода. При общей потребляемой мощности лампы менее 10 ватт, рассеиваемая тепловая мощность составляет несколько ватт. Для лампы такого размера, которая имеет значительную поверхность для теплоотвода с поверхности, переходное сопротивление «Корпус-воздух» является достаточно малым и перегрев светодиодов составляет не более 25 °С.

Лампа крепится к патрону цоколями (как очевидно следует из названия статьи) типа G13. Отметим, что в настоящее время наблюдается переход от цоколей с фиксированным расположением выводов к вращающимся цоколям.

Основными параметрами, которые характеризуют рассеиватель со светотехнической точки зрения, являются следующие:

- Коэффициент светопропускания, численно равный отношению светимости лампы, I_p , с рассеивателем к светимости лампы, I_0 , без рассеивателя:

$$K = \frac{I_p}{I_0}, \quad (4)$$

- Коэффициент выравнивания неоднородности освещенности, равный отношению индекса неоднородности освещенности от лампы с рассеивателем к индексу неоднородности освещенности от лампы без рассеивателя. При этом индекс неоднородности обычно определяется как интеграл квадрата неоднородности:

$$N = \int_0^L (I - I_0)^2 dl, \quad (5)$$

где L – длина лампы, мм,

$I(l)$ – светимость лампы в точке l , кд/мм.

Основным (и достаточно спорным) недостатком рассеивателей прозрачного типа является то, что сквозь них видны светодиоды, которые могут отрицательно влиять на глаза. По мнению автора данной работы (подтверждённому опросами респондентов), расстояние между светодиодами, меньшее чем 1 см, зрительно не воспринимается как промежуток, то есть при таком распределении светодиодов требование о наличии матового рассеивателя не является обязательным. В противоположность этому, использование мощных (сверхъярких) светодиодов, расстояние между которыми является достаточно большим, приводит к образованию чередующихся ярких и тёмных мест, что зрительно воспринимается достаточно неприятно.

И в окончание статьи приведём основные характеристики лампы СТЛ-6М.

Таблица 2 – Технические характеристики ламп типа СТЛ-6:

| Параметр | Значение |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Потребляемая мощность | 7 Вт |
| Напряжение | ~110(-10%) В |
| Номинальная частота | 50(60) Гц |
| Световой поток лм, не менее | 600 |
| Освещённость на высоте 3м, лк | 21 |
| Освещённость на высоте 5м, лк | 8 |
| Цвет свечения | Белый |
| Тип колбы | П-прозрачный; М-матовый |
| Цветовая температура свечения, К | 4100-6000 |
| Температура эксплуатации, °С | -20... 40 |
| Тип цоколя | G13 |
| Вес светильника в комплекте | 0,125 кг |
| Габаритные размеры корпуса | D26*588 |
| Срок службы | 10 лет |
| Степень защиты от внешних воздействий | IP 20 |

Литература

1. Светодиодные против люминесцентных. Современная светотехника, №3 2010.
2. Ефимов И.П. Источники питания: Учебное пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 135 с.
3. Хрусталева З.А., Парфенов С.В. Источники питания радиоаппаратуры. Academia, 2009. - 210 с.

