

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
(институт)
Промышленная электроника
(кафедра)
11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

на тему **ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

 (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2016

АННОТАЦИЯ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка источника питания стационарных светодиодных светильников. Для достижения этой цели была рассмотрена работа светоизлучающих диодов, выделены типовые варианты включения светодиодов, рассмотрены различные решения светодиодных драйверов, а также выбрана схемотехника нашего устройства.

В выпускной квалификационной работе разработана схема электрическая принципиальная, выполнена разработка конструкции устройства, разведена печатная плата, а также проведен подсчет стоимости комплектующих.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА.....	7
2. КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ.....	18
3. ОБЩАЯ СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ.....	31
4. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА.....	37
5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ.....	46
6. РАСЧЕТ СТОИМОСТИ КОМПЛЕКТУЮЩИХ И МАТЕРИАЛОВ. ...	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
ЛИТЕРАТУРА.....	52

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время резко возрастает актуальность разработки различных технических систем на базе энергосберегающих технологий. Такие системы выполняются, как правило, на микроконтроллерах, в связи с тем что, на их основе можно разработать любое устройство с минимальными затратами времени и с максимальным качеством выполнения требуемых операций.

В качестве энергосберегающих технологий может выступать система управления электроэнергией, которая контролирует расход электроэнергии и обеспечивает минимальные расходы электроэнергии с максимальным коэффициентом полезного действия (КПД). Развитые промышленные предприятия в наше время расходуют значительную часть своего бюджета на электроэнергию. С помощью установки системы управления электроэнергией можно снизить затраты на электроэнергию примерно в два раза, что принесет огромную финансовую выгоду.

В данной работе мы будем разрабатывать устройство управляющее лампами дневного освещения. Для более подробного знакомства и выбора типа ламп дневного освещения рассмотрим классификацию ламп:

- Лампы разрядные. Лампы разрядные металогалогенные обладают высокой световой отдачей, улучшенной цветопередачей (белый цвет), большой единичной мощностью.

- Лампы накаливания кварцевые галогенные малогабаритные. Лампы этого типа применяются в качестве высокоинтенсивных источников света в осветительных приборах театрального назначения, приборах для фото- и киносъемок. Они отличаются компактным телом накала и стабильным, в течении всего срока службы, световым потоком. Их малый размер и масса позволяют упростить размеры приборов, в которых они применяются.

- Лампы накаливания кварцевые галогенные. Это один из самых интенсивных источников света. Нечувствительный к резким перепадам температуры - основное преимущество галогенных ламп по сравнению с другими.

- Лампы накаливания зеркальные. Лампы накаливания зеркальные (лампы - светильники) создают мягкое, рассеянное освещение. Они представляют собой источники света, у которых форма и отражающее покрытие колбы создают заданное пространство распределения светового потока. Зеркальные лампы выпускаются с концентрированным (ЗК) и широким (ЗШ) светораспределением.

- Лампы с отражателем. Лампы накаливания галогенные с интерференционным отражателем предназначены для общего и экспозиционного освещения, а также в некоторых эффектных световых приборах. Состоят из галогенной лампы и полусферического интерференционного отражателя.

- Лампы ультрафиолетовые. Основным источником оптического излучения в этой группе ламп является слой люминофора, возбуждаемого ультрафиолетовым излучением электрического разряда в парах ртути. Лампы имеют в несколько раз большую световую отдачу, чем лампы накаливания, и включаются в сеть вместе с пускорегулирующей аппаратурой, обеспечивающей зажигание лампы. К ультрафиолетовым лампам относятся и дуговые лампы типа ДРУФЗ и НГV. Форма колбы у ламп и типа ДРУФЗ напоминает форму ламп ЗК. Направленность светового излучения за счет такой формы более концентрирована.

При рассмотрении различных типов ламп, мы пришли к выводу, что для дневного освещения наиболее выгодными являются люминесцентные или разрядные лампы, которые обладают высокой световой отдачей, наилучшей цветопередачей белого цвета, по сравнению с другими типами ламп и высоким КПД.

Система, разрабатываемая в бакалаврской работе управляет люминесцентной лампой или группами ламп, для освещения студии, офиса, предприятия где оно желательно и с необходимой интенсивностью освещения. Для повышения КПД системы управления люминесцентными лампами необходимо чтобы она выполняла функции включения, выключения, затемнения, обеспечения необходимых уровней яркости, характеризующихся логарифмической

функцией, в результате чего человеческий глаз воспринимал бы изменение яркости лампы как линейное.

Индивидуальное управление каждой лампой позволяет оператору доставлять требуемое количество света когда и где потребуется. Управление светом используя эту систему учитывает уменьшение потребления электрической энергии и как следствие экономию финансовых средств. Промышленные предприятия уменьшают энергетические затраты при освещении путем повышения качества освещения в определенных областях и в зависимости от времени.

Система освещения включает в себя: группу ламп и цифровое управляющее устройство для сбора и обработки информации, соединенное локальной сетью с люминесцентными лампами и управляющим терминалом.

Параметры освещения могут быть изменены в любое время с помощью управляющего терминала, также система обладает способностью оперативно выявлять неполадки для скорейшего их устранения.

Задача бакалаврской работы заключается в разработке устройства управления и регулирования параметров электролюминесцентной лампы: силы света, яркости (отношение силы света к площади светящейся поверхности), питающего напряжения и тока. Для сбора данных и управления параметрами ламп необходимо устройство на базе микроконтроллерной системы.

1 ОБЗОР СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

1.1. Общие сведения о светодиодах

Светодиод (Light Emitting Diode, LED) - это полупроводниковый прибор, излучающий свет, когда к нему приложено напряжение в прямом направлении. По сути, это диод, преобразующий электрическую энергию в световую. Излучаемый светодиодом свет зависит от материала из которого изготовлен светодиод. В общем случае светодиод может излучать свет разной длины волны (разного цвета) и иметь различные электрические характеристики.

Светодиоды применяются во многих сферах деятельности человека в качестве средств отображения визуальной информации.

Например, светодиоды могут использоваться в виде одиночных излучателей или в виде конструкций из нескольких элементов - семисегментных индикаторов, светодиодных матриц, кластеров и т.д. В последние годы светодиоды активно используют в качестве осветительных приборов.

Их используют в автомобильных фарах, фонарях, светильниках для производственных, складских и жилых помещений.

Обозначение светодиода на схеме

На электрических схемах светодиод обозначается аналогично обычному диоду, только добавляются две стрелки, направленные от диода и изображающие излучение им света. На отечественных схемах буквенное обозначение одиночного светодиода - HL.

Светодиод, излучающий свет только одного цвета имеет два вывода - это анод и катод. Определить какой из выводов является анодом, можно визуально. У светодиодов с проволочными выводами анод обычно имеет малое по объему основание внутри колбы-корпуса светодиода.

У SMD светодиодов на оборотной стороне есть маркировка в виде треугольника или подобия буквы Т. Анодом является вывод, к которому обращена одна сторона треугольника или верхняя часть буквы Т.

Светодиод испускает свет, если к нему приложить следующей полярности: к аноду - плюс, а к катоду - минус.

Минимальное напряжение, при котором светодиод начинает светиться, зависит от материала из которого изготовлен светоизлучающий кристал. В таблице 1.1 приведены напряжения светодиодов при токе 20 мА и цвета, которые при этом они излучают.

Таблица 1.1. Соответствие материала светодиода и излучаемого цвета

Цвет светодиода	Материал светодиода	Пиковая длина волны, нм	Прямое напряжения при токе 20 мА	
			Типовое значение, В	Диапазон, В
Инфракрасный	GaAs, GaAlAs	870 - 940	1.2	1.1 - 1.6
Красный	GaAsP, GaP, AlInGaP	610 - 640	2.0	1.5 - 2.6
Оранжевый	GaAsP, GaP, AlGaInP	600 - 630	2.0	1.7 - 2.8
Желтый	GaAsP, AlGaInP, GaP	580 - 600	2.0	1.7 - 2.5
Зеленый	GaP, InGaN	500 - 560	2.2	1.7 - 4.0
Голубой	ZnSe, InGaN	460 - 470	3.6	3.2 - 4.5
Белый	Синий/УФ диод с люминофором	Широкий спектр	3.6	2.7 - 4.3

Самое большое напряжение требуется для голубых и белых светодиодов, а самое маленькое для инфракрасных и красных. Излучение инфракрасного светодиода человек не видит, поэтому такие светодиоды применяют в качестве источников управляющих сигналов в различных пультах дистанционного управления и не применяются в качестве индикаторов.

Если светодиод подключить к источнику напряжения (к аноду «+», к катоду -) и с нуля постепенно повышать на нем напряжение, то ток светодиода будет меняться в соответствии с его вольт-амперной характеристикой, общий вид которой показан на рисунке 1.1.

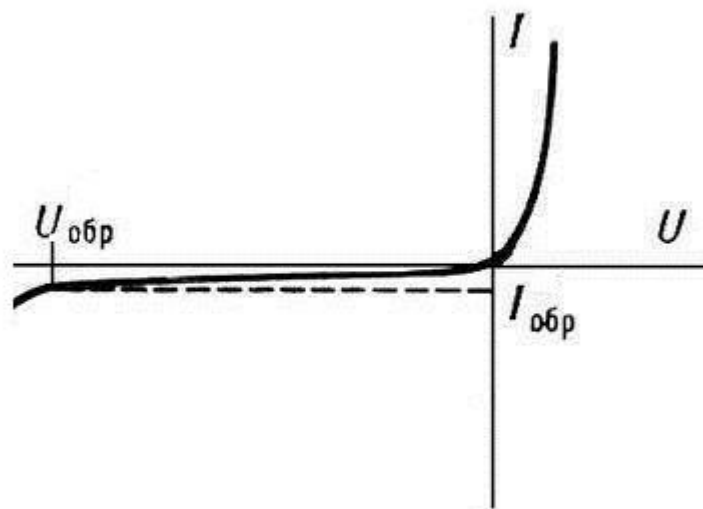


Рисунок 1.1. Обобщенная вольт-амперная характеристика диода

Из графика вольт-амперной характеристики видно, что после прохождения точки перегиба на прямой ветви ВАХ, ток через светодиод будет резко возрастать при небольших изменениях напряжения. Это та причина, по которой светодиод нельзя подключать к любому источнику питания без токоограничивающих элементов, например резистора.

Чем выше ток, тем ярче свечение светодиода. Однако, повышать ток светодиода до больших величин нельзя. При больших, недопустимых значениях тока светодиод перегреется и сгорит. Кроме этого, подача на светодиод значительного напряжения также выводит его из строя.

Светодиод имеет набор характеристик и параметров, которые описывают правила его использования в электронных схемах.

Максимальная мощность рассеяния — это та мощность, которую может рассеять светодиод с помощью штатного конструктива, в который включают сам корпус и штатные охлаждающие элементы. Чем выше максимальная мощность рассеяния, тем больший ток можно пропустить через светодиод и соответственно, тем большей яркости свечения можно добиться.

Максимальные значения постоянного и импульсного прямых токов показывают, какой ток можно пропускать через светодиод в прямом направлении в течение длительного промежутка времени, и при котором светодиод еще будет сохранять свою работоспособность. Импульсный прямой ток показывает мак-

симальное значение прямого тока, при котором светодиод еще сохранит свою работоспособность. Как правило, вместе со значением этого тока указывают еще и интервал времени, в течение которого он может действовать.

Максимальное обратное напряжение показывает, напряжение какой величины, приложенное к светодиоду с обратной полярностью, еще не выведет его из строя вследствие пробоя.

Интенсивность излучения (сила света) - это характеристика, определяющая яркость свечения светодиода при заданном токе (обычно 20 мА). Обозначается - I_v , измеряется в микроканделах (mCd). Чем выше значение I_v , тем ярче светодиод.

Также представляет интерес график зависимости светового потока светодиода от прямого тока. У светодиодов при увеличении тока интенсивность излучения растет все меньше и меньше. На рисунке 1.2 изображен график зависимости светового потока светодиода от прямого тока. В области используемых значений прямых токов (I_F) график имеет линейный характер. Нелинейность проявляется при увеличении I_F . При выходе тока за пределы линейного участка эффективность светодиода уменьшается. Становится заметной нелинейность этой характеристики и снижение скорости увеличения светового потока при увеличении тока через диод.



Рисунок 1.2. — Зависимость светового потока от тока через светодиод

Спектральная характеристика - она определяет в каком диапазоне длин волн излучает светодиод. Другими словами, спектральная характеристика определяет цвет излучения светодиода. Обычно приводят пиковое значение длины волны и зависимость интенсивности излучения светодиода от длины волны.

На рисунке 1.3. показан пример спектральной характеристики для светодиодов зеленого и синего цветов, взятой из [1]. Кроме перечисленных характеристик специалистами используется и целый ряд других характеристик, отображающих, например, зависимость яркости свечения светодиода от температуры, температурная зависимость смещения длины волны излучаемого света и т.д.

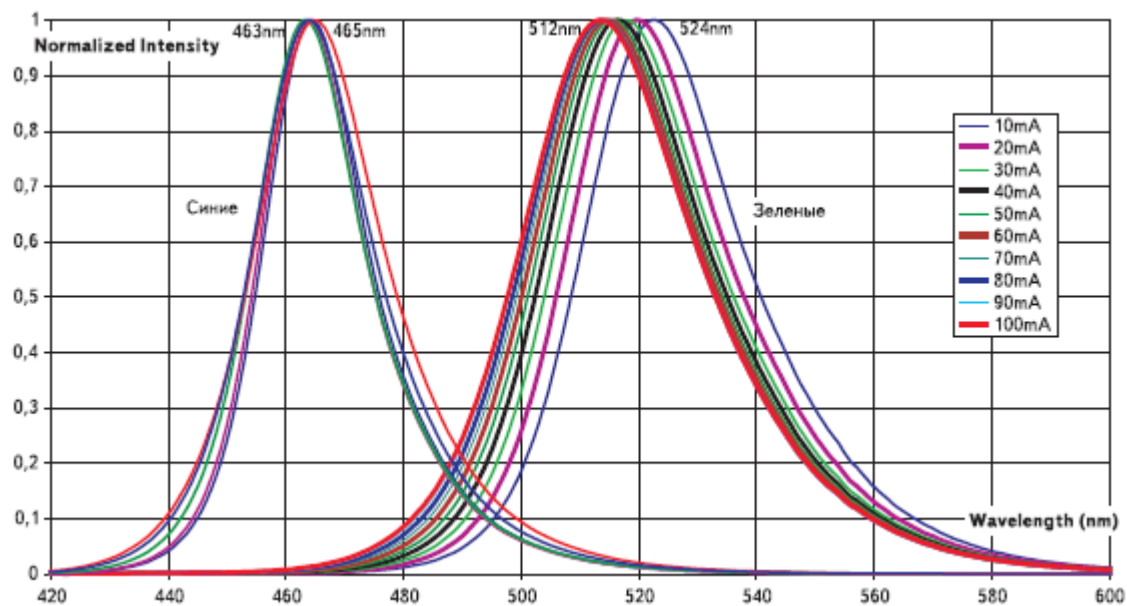


Рисунок 1.3. – Пример спектральной характеристики для светодиодов зеленого и синего цветов.

Конструктивно светодиод состоит из полупроводникового кристалла на токоизоляционной подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы. Для повышения механической и электрической стойкости светодиода, пространство между кристаллом и пластиковой линзой заполняют прозрачным силиконом. Для отвода тепла, как правило, используют алюминиевую основу. Причем, чем выше яркость свечения светодиода, тем больше тепла излучается. В мощных светоизлучающих светодиодах, предназначенных для осветительных целей используют специальные, конструктивно выделенные радиаторы из алюминия. В случае сверхмощных светодиодов может использоваться охлаждающий радиатор из меди, поскольку уже в этом случае цена меди не будет иметь заметной доли в стоимости всего светодиода в отличие от светодиодов малой и средней мощности излучения, где для снижения их стоимости используют алюминиевые радиаторы.

Типовая структура светодиода показана на рисунке 1.4.

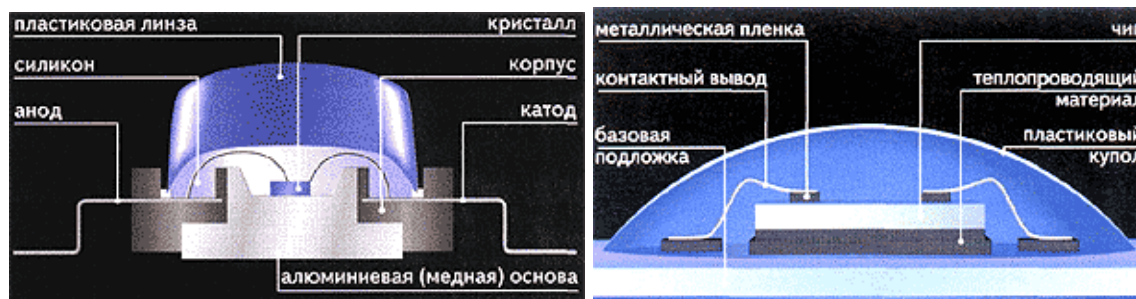


Рисунок 1.4. – Типовая структура конструкции светодиода.

Свечение в полупроводниковом кристалле возникает при рекомбинации электронов и дырок в области р-п-перехода, образованной контактом двух полупроводников с разными типами проводимости. Для получения таких областей, приконтактные слои полупроводникового кристалла легируют примесями с разными типами проводимости.

Чтобы р-п-переход стал излучать свет, ширина запрещенной зоны в активной области светодиода должна быть близка к энергии квантов света види-

мого диапазона. Для увеличения интенсивности излучения стремятся получать кристаллы с малым количеством дефектов, из-за которых рекомбинация происходит без излучения, а соответственно падает интенсивность излучения светодиода. В настоящее время, чтобы получить яркие мощные светодиоды, производители вынуждены идти на изготовление многослойных полупроводниковых структур, которые называют гетероструктурами.

Чем больше проходящий через светодиод ток, тем он светит ярче, поскольку, чем больше ток, тем больше электронов и дырок поступают в зону рекомбинации в единицу времени. При этом, из-за имеющегося внутреннего сопротивления собственно полупроводника вообще и р-п-перехода в частности, диод нагревается и при большом токе может сгореть - расплавятся подводящие провода или будет пережжен сам полупроводник.

В отличие от ламп накаливания, электрический ток в светодиодах преобразуется непосредственно в световое излучение, при небольшом количестве потерь на нагревание. В результате светодиоды на несколько порядков более экономичны и незаменимы в тех приборах, где нагревание недопустимо.

Особенностью светодиода является излучение в узкой части спектра. Это обусловило его широкое распространение при изготовлении световой рекламы и декорирования помещений.

Светодиод обладает высокой механической прочностью и надежностью. Срок службы светодиода в теоретическом пределе достигает 100 тысяч часов, что почти в 100 раз больше, чем у ламп накаливания, и в 5 — 10 раз больше, чем у люминесцентных ламп.

При этом светодиод является низковольтным электроприбором, соответственно имеет более высокую электрическую безопасность для человека по сравнению с перечисленными типами светоизлучающих приборов.

Единственный недостаток светодиодной технологии на сегодняшний день - высокая стоимость. Цена одного люмена, излученного светодиодом, в 100 раз выше, чем люмена излученного лампой накаливания. Однако, по про-

гнозам производителей светодиодов этот показатель в ближайшие годы будет снижаться.

Светодиоды на основе фосфида и арсенида галлия, имеющие светимость в красной, желтой и желто-зеленой областях спектра были разработаны еще в 60-х - 70-х годах прошлого столетия.

Они нашли применение в световых индикаторах и разнообразных приборных панелях, различных системах отображения информационных сообщений. По светоотдаче светодиоды значительно превосходят лампы накаливания.

Цвет светодиода зависит от ширины запрещенной зоны, в которой происходит рекомбинация электронов и дырок.

Светодиоды голубого свечения изготавливают на основе полупроводников с широкой запрещенной зоной, например карбида кремния. Первый голубой светодиод удалось изготовить на основе пленок нитрида галлия на подложке из сапфира.

Квантовый выход — это число излученных квантов света на одну рекомбинировавшую электронно-дырочную пару. Различают внутренний и внешний квантовый выход. Внутренний — в самом p-n-переходе, внешний — для всего светоизлучающего прибора в целом. Внутренний квантовый выход для высококачественных кристаллов с хорошим теплоотводом достигает почти 100%, рекорд внешнего квантового выхода для красных светодиодов составляет 55%, а для синих — 35%. Внешний квантовый выход — одна из основных характеристик эффективности светодиода.

Белый свет от светодиодов получают несколькими способами.

Первый — смешение цветов по технологии RGB. На одной матрице с высокой плотностью размещаются красные, голубые и зеленые светодиоды, излучение которых смешивается при помощи оптической системы, например линзы, в результате чего получается белый свет. Второй способ заключается в том, что на поверхность светодиода, излучающего в ультрафиолетовом диапазоне, наносится три люминофора, излучающих голубой, зеленый и красный свет. Третий способ - это нанесение желто-зеленого или зелено-красного люминофо-

ра на голубой светодиод. При этом два или три излучения смешиваясь образуют белый или близкий к белому свет.

У каждого способа есть свои достоинства и недостатки. Технология RGB позволяет получить не только белый цвет, но и перемещаться по цветовому диапазону при изменении тока через соответствующие светодиоды. Получается осветительный комплекс, которым можно управлять вручную или программным способом.

Такие эффекты широко используются дизайнерами и производителями световых украшений. Кроме того, большое количество светодиодов в матрице обеспечивает высокий суммарный световой поток и большую силу света.

Недостатком системы является неодинаковый цвет в центре светового пятна и по краям. Кроме того, из-за неравномерности отвода тепла с краев матрицы и из ее центра светодиоды нагреваются по-разному, и, соответственно, по-разному изменяется их цвет в процессе старения. Это негативное явление сложно и дорого скомпенсировать на текущем уровне развития технологий.

Белые светодиоды с люминофорами в пересчете на единицу светового потока существенно дешевле, чем светодиодные RGB-матрицы, и позволяют получить белый цвет достаточно комфортных оттенков.

К недостаткам светодиодов с люминофорами относят:

- меньшую, чем у RGB-матриц светоотдачу из-за преобразования света в слое люминофора;
- сложность контроля равномерности нанесения люминофора в технологическом процессе и, как следствие, неравномерность цветовой температуры;
- старение люминофора происходит с большей скоростью, чем деградация светодиода.

Промышленность выпускает как светодиоды с люминофором, так и RGB-матрицы. Эти приборы имеют разные области применения.

Для функционирования обычного светодиода, применяемый для индикации, необходимо постоянное напряжение от 2 до 4 В при токе до 50 мА. Свето-

диод, который используется для освещения, требует аналогичное напряжение питания, но потребляемый им ток выше — от нескольких сотен мА до 1 А.

В светодиодном модуле отдельные светодиоды включены последовательно и суммарное напряжение у них более высокое - обычно 12 или 24 В.

Яркость светодиода характеризуется световым потоком и осевой силой света, а также диаграммой направленности. Существующие светодиоды разных конструкций излучают в телесном угле от 4 до 140 градусов.

Яркость светодиодов регулируют, как правило, не снижением напряжения питания, а с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) прикладываемого напряжения. Метод ШИМ заключается в том, что на светодиод подается не постоянный, а импульсно-модулированный ток, причем частота сигнала должна составлять сотни или тысячи герц, а ширина импульсов и пауз между ними может изменяться. Средняя яркость светодиода становится управляемой, в то же время светодиод не гаснет.

Таким образом, на основании приведенного обзора можно сделать вывод о том, что светодиоды на сегодняшний день являются наиболее энергетически выгодными и экологически безопасными при утилизации источниками света, на основе которых можно построить светильники различного назначения: как бытового, так и промышленного, складского и офисного.

В следующем разделе выпускной квалификационной работы рассмотрим современную классификацию светодиодных светильников.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ.

При классификации различных типов светодиодных светильников выделяют классификацию по основным признакам и классификацию по дополнительным признакам.

При классификации по основным признакам осветительные приборы делят:

- по характеру распределения светового потока: прожекторы, светильники, прожекторы;
- по условиям эксплуатации: осветительные приборы для открытых пространств, помещений или экстремальных сред;
- по основному назначению: светильники для производственных помещений, улиц, дорог и площадей, транспортных средств и т.п.

Классификация осветительных приборов по основному назначению сведена в таблицу 2.1 [2].

Таблица 2.1 – Классификация осветительных приборов по основному назначению.

Основные функции	Осветительные приборы		
Характер светораспределения	Светильники	Прожекторы	Проекторы
Помещения	Производственные	Студии, спортивные и другие сооружения	Экранные
	Рудники и шахты		
	Общественные здания	Театры и клубы	
	Жилые	Музеи и выставки	Технологические
	Транспортные средства		
Открытые пространства	Улицы, дороги и площади	Общего назначения	
	Большие открытые пространства	Морские и речные	
	Туннели и пешеходные переходы	Аэродромные	
	Архитектурные и декоративные сооружения	Зенитные	

	Транспортные средства	Транспортные средства	
	Сады и парки	Киносъёмочные	
Экстремальные средства	Под водой	Под водой	
	В космосе	В космосе	

Помимо классификации по основным признакам используют классификацию по дополнительным признакам.

К дополнительным признакам классификации осветительных приборов относят:

- способ установки;
- тип кривой силы света;
- степень защиты от пыли и влаги;
- степень электробезопасности;
- климатическое исполнение и категорию размещения;
- степень пожаробезопасности;
- степени взрывобезопасности.

Рассмотрим способы классификации по перечисленным выше дополнительным признакам.

Классификация по способу монтажа (установки).

По способу монтажа осветительные приборы делят на группы:

- напольные;
- настольные;
- встраиваемые;
- потолочные;
- венчающие;
- переносные;
- консольные;
- подвесные;

- настенные.

Следующим типом классификации является по типу кривой силы света (КСС).

На необходимое место попадает не весь световой поток, выходящий из осветительного прибора. Большая его часть уходит в пространство, освещая не только заданный участок.

Для оценки доли светового потока, попадающей на участок, который требуется осветить, необходимо знать характер распределения светового потока, вышедшего из осветительного прибора, в пространстве.

Такое светораспределение описывается с помощью кривых сил света, являющихся важнейшим параметром любого осветительного прибора.

Кривая сил света осветительного прибора - это график зависимости силы света прибора от направления распространения света.

В соответствии с Российским ГОСТом устанавливают семь типов КСС:

- глубокая (Г);
- косинусная или диффузная (Д);
- синусная (С);
- широкая (Ш);
- полуширокая (Л);
- концентрированная (К);
- равномерная (М)

Рассмотрим более подробно эти КСС [3].

В общем случае, светильник разрабатывается для типового применения. Поэтому существует несколько стандартных типов диаграмм углового распределения силы света, описанных в **ГОСТ 17677—82**.

В основу классификации КСС положены два независимых признака: зона направлений максимальной силы света и коэффициент формы КСС. Под коэффициентом формы КСС понимают отношение максимальной силы света в дан-

ной меридиональной плоскости к среднеарифметической силе света светового потока для этой плоскости. ГОСТом устанавливает семь типов КСС, показанных на рисунках 2.1. – 2.7.

- Концентрированная **К** (угол раскрытия светового потока 30°)

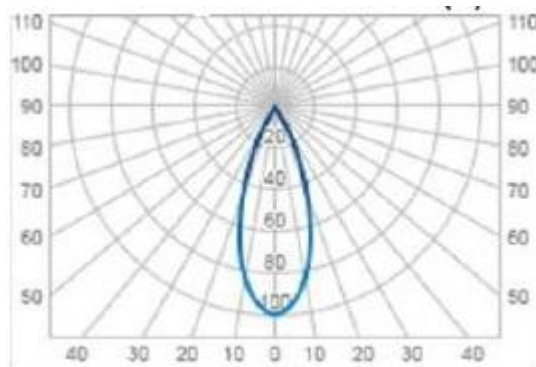


Рисунок 2.1. Концентрированная кривая силы света **К**

- Глубокая **Г** (угол раскрытия светового потока 60°)

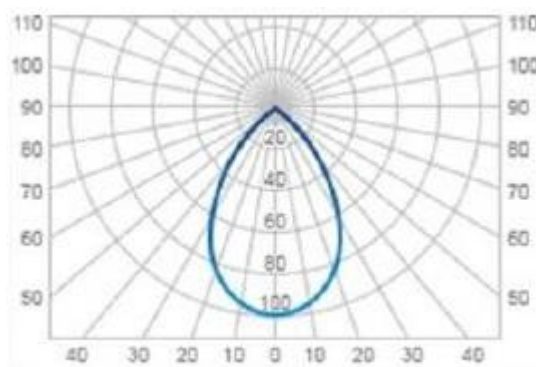


Рисунок 2.2. Глубокая кривая силы света **Г**

- Косинусная или диффузная **Д** (угол раскрытия светового потока 120°)

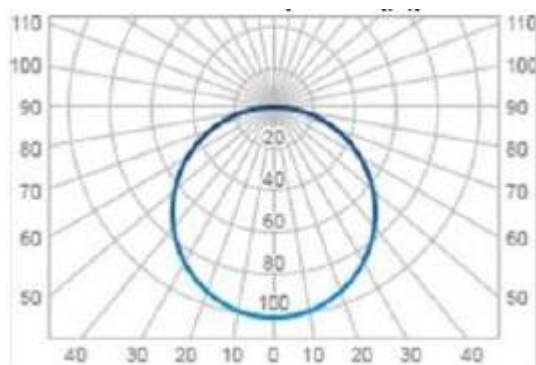


Рисунок 2.3. Косинусная или диффузная кривая силы света **Д**

- Полуширокая **Л** (угол раскрытия светового потока 140°)

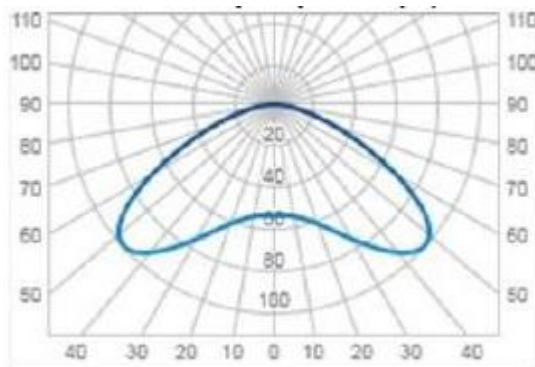


Рисунок 2.4. Полуширокая кривая силы света Л

- Широкая Ш (угол раскрытия светового потока 160°)

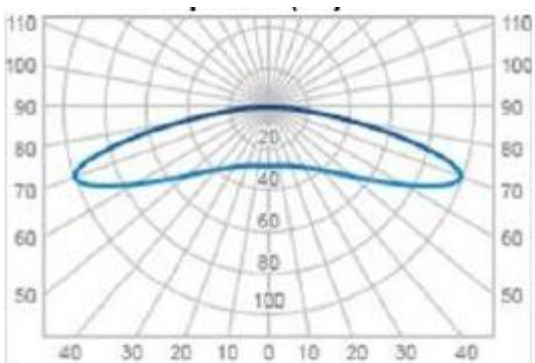


Рисунок 2.5. Широкая кривая силы света Ш

- Синусная С (угол раскрытия светового потока 90°)

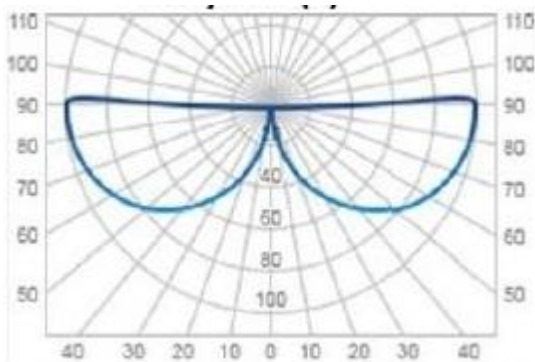


Рисунок 2.6. Синусная кривая силы света С

- Равномерная М (угол раскрытия светового потока 180°)

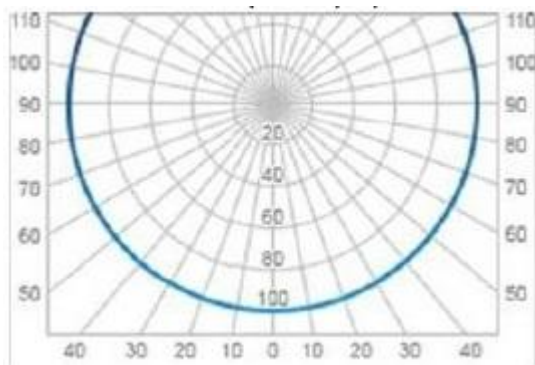


Рисунок 2.7. Равномерная кривая силы света С

Для производственных помещений применяют светильники прямого света с КСС **типа К, Г, Д**. При этом, чем больше высота подвеса, тем уже зона направлений максимальной силы света.

Общее освещение офисов осуществляют с помощью светильников прямого и рассеянного света с КСС **типа Г и Д**.

Для подсветки особых, выделенных зон, внутренних архитектурных решений и деталей интерьера используют светильники с КСС **типа К**.

Для формирования отраженного или приглушенного света, например, в холлах зданий, используют светильники отраженного света с КСС **типа С**.

Для освещения улиц, автострад, надземных и подземных пешеходных переходов, автотранспортных туннелей и вытянутых коридоров различных зданий применяют светильники с кривой силы света **типа Л и Ш**.

Освещение подсобных помещений, подъездов, бытовок осуществляют светильниками с КСС **типа М**.

Классификация по степени защиты от пыли и влаги.

В соответствии с международной системой классификации и обозначения осветительных приборов и другого электротехнического оборудования по степени его защиты от воздействия влаги, пыли и воды, степень защиты обозначают буквами IP (Ingress Protection - защита от проникновения) и двумя цифрами.

Первая цифра - степень защищенности от проникновения пыли и посторонних тел и принимает значения от 2 до 6:

2 - специальной защиты от пыли нет; обеспечена защита от проникновения твердых тел с максимальным размером в поперечном сечении более 12 мм;

3 - защиты от пыли также нет, но исключена возможность прикосновения к токоведущим элементам твердыми телами с максимальным размером в поперечном сечении более 2,5 мм (например, отверткой);

4 - защиты от пыли нет, исключена возможность прикосновения к токоведущим элементам твердыми телами с максимальным размером в поперечном сечении 1 мм (например, проволокой);

5 - обеспечена защита от попадания пыли на токоведущие элементы и колбы ламп. Полная защита от соприкосновения с токоведущими деталями;

6 - полная защита от попадания пыли во внутренний объем ОП и от соприкосновений с токоведущими деталями.

Вторая цифра показывает степень защищенности от проникновения воды внутрь прибора. Эта цифра принимает значения от 0 до 8:

0 - никакой защиты от попадания воды нет;

1 - в классификации степени защищенности не используется;

2 - обеспечена защита от капель воды, падающих сверху под углом не более 15 градусов к вертикали (каплезащищенные);

3 - защита от капель и брызг, падающих сверху под углом к вертикали до 60 градусов (дождезащищенные);

4 - защита от капель и брызг, падающих на прибор с любого направления (брызгозащищенные);

5 - защита от водяных струй, падающих с любого направления (струезащищенные);

6 - защита от проникновения воды при непостоянном попадании на ОП больших ее масс (волнозащищенные);

7 - защита от проникновения воды внутрь ОП при погружении его на определенную глубину и заданное время (водонепроницаемые);

8 - защита от проникновения воды при погружении ОП в воду на неограниченное время (герметичные).

Наиболее часто используются светильники и сопутствующие приборы со степенью защиты IP 20. Сюда входят светильники для общественных и бытовых помещений, ряда производственных помещений и спортивных сооружений. Следующий по распространенности уровень защиты – это IP 54 - пылезащищенные светильники, приборы уличного освещения. IP 65 - пылевлагозащищенные светильники для предприятий с тяжелыми производственными условиями, светильники для наружного освещения зданий и сооружений, уличные светильники.

Необходимой степени защиты осветительных приборов от пыли и влаги добиваются использованием прокладок из эластичных материалов, которые заполняя собой щели корпусов предотвращают попадание как влаги, так и пыли.

В таблице 2.2 собраны сочетания степени защиты светильника от пыли и влаги и рекомендуемые сферы применения приборов с такими показателями IP.

Таблица 2.2. Соответствие степени защиты прибора и рекомендуемые сферы применения.

Степень защиты	Защита от пыли	Защита от влаги	Рекомендуемые области применения
IP20	Нет	Нет	Большинство административных и жилых помещений.
IP23	Нет	Защита от дождя	Промышленные предприятия с нормальной воздушной средой.
IP40	Частичная	Нет	Чистые промышленные предприятия.
IP43	Частичная	Защита от дождя	Душевые, ванны. Школьные классы. Уличное освещение.
IP54	Пылезащищенные	Защита от капель и брызг, падающих под любым углом	Производственные помещения с высокой влажностью.
IP65	Пыленепроницаемые	Защита от струй, падающих под любым углом	Промышленные предприятия с тяжелой средой. Наружное освещение, в т.ч. архитектурное.

Классификация по степени электробезопасности.

Осветительные приборы должны обеспечивать определенную защиту людей от поражения электрическим током, что обеспечивается использованием следующих конструктивных приемов: наличием качественной электрической изоляции токоведущих элементов, наличием цепей заземления, электрическим напряжением, на которое подключен осветительный прибор.

В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» по степени электробезопасности все электрооборудование, в том числе и ОП, делится на четыре класса:

0 – безопасность обеспечивается только рабочей изоляцией на всех токоведущих элементах;

1 – кроме рабочей изоляции токоведущих частей, на приборах имеется специальная клемма для подключения заземляющего проводника;

2 – безопасность изделия обеспечивается двойной или усиленной изоляцией токоведущих элементов;

3 – безопасность приборов обеспечивается питанием их от электросети с напряжением не выше 42 В.

Класс электрозащиты 2 применяется в большинстве бытовых электроприборов. Заземление приборов с классом защиты 2 не требуется.

Заземления приборов третьего класса не требуется. Изделия с классом защиты 3 – это переносные светильники, осветительные приборы с галогенными лампами накаливания низкого напряжения и светодиодами.

Классификация по климатическому исполнению и категории размещения ОП.

Осветительные приборы выпускаются в различных климатических исполнениях и предназначаются для эксплуатации в соответствующем климатическом районе.

Климатическими факторами внешней среды являются: температура, влажность воздуха, давление воздуха или газа (высота над уровнем моря), солнечное излучение, дождь, ветер, пыль (в том числе снежная), смены температур, соляной туман, иней, гидростатическое давление воды и т.д.

Примеры буквенного обозначения климатического исполнения ОП приведены в таблице.

Структура обозначения		Характеристика
Буквенные обозначения климатического исполнения	У	ОП предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным климатом
	УХЛ	ОП предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом
	Т	ОП предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах, как с сухим, так и с влажным тропическим климатом
	О	ОП предназначены для эксплуатации во всех макроклиматических районах, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (общеклиматическое исполнение)
	ХЛ	ОП, преимущественно предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с холодным климатом

После буквенного обозначения климатического исполнения ОП указывается цифра, указывающая категорию размещения ОП:

1 - для эксплуатации на открытом воздухе.

2 - для эксплуатации под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции.

3 - для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных

осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).

4 - для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемые климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в т. ч. хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).

5 - для эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в т. ч. шахтах, подвалах в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.).

Классификация по степени пожаробезопасности ОП.

Опасность возникновения пожара зависит от температуры нагрева ОП и условий эксплуатации ОП.

Температура нагрева ОП: При работе все источники света нагреваются до определенной температуры, зависящей, прежде всего, от типа, мощности и условий охлаждения. Температура нагрева может быть достаточно высокой: например, внешняя поверхность галогенных ламп накаливания может нагреваться выше 400 градусов Цельсия, поверхность ламп накаливания общего назначения – выше 200 градусов Цельсия, МГЛ и НЛВД – выше 300. Таким образом, сами ОП могут создавать опасность возникновения пожара в местах их установки.

Условия эксплуатации: Опасность возникновения пожара зависит и от условий эксплуатации ОП – типа материала, на котором устанавливается ОП,

наличием в освещаемом помещении легковоспламеняющихся веществ, запыленности помещений.

Таким образом, для исключения вероятности возникновения пожароопасных ситуаций необходимо знать степень пожароопасности как самих ОП, так и помещений, в которых они работают.

На ОП встраиваемого, потолочного, настенного, настольного и напольного исполнения наносятся специальные знаки, характеризующие их пожароопасность.

Классификация по степени взрывобезопасности ОП.

Осветительные приборы могут стать источником взрывоопасной ситуации.

При разработке осветительных приборов для предприятий химической, газовой, нефтяной и ряда других отраслей промышленности, учитывают, что в таких местах могут образовываться взрывоопасные смеси. Чтобы осветительные приборы не стали источниками возникновения взрывоопасных ситуаций, для освещения таких предприятий могут применяться только светильники, в конструкции которых предусмотрены препятствия для возникновения взрывоопасных ситуаций.

В светильниках для освещения взрывоопасных помещений используют литые корпуса из алюминиевых сплавов, источники света помещают в защитные колбы и корпуса из взрывобезопасного стекла или полимерного материала (чаще всего – поликарбоната). В случае если опасность взрывов особенно велика, осветительные приборы устанавливают снаружи таких помещений, а световой поток проводят через специальные световые проемы или через световоды различных конструкций.

В светильниках, называемых «светильниками повышенной надежности против взрыва» предусмотрены меры защиты, затрудняющие образование электрических искр, дуг или перегрева при работе светильников в нормальном режиме.

В светильниках, называемых «взрывобезопасными», меры защиты обеспечивают предохранение от взрыва окружающих взрывоопасных смесей в результате возникновения электрических искр, дуг или перегрева как при нормальной работе светильников, так и при возможных повреждениях в процессе эксплуатации.

В светильниках с маркировкой «особовзрывобезопасные» - предусмотрены специальные дополнительные меры взрывозащиты.

3. ОБЩАЯ СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ.

В разделе 1 было показано, что для питания светодиода необходимо обеспечить два условия: подать питающее напряжение на светодиод и обеспечить протекание через светодиод тока, необходимого для создания светового потока требуемой интенсивности.

Эта задача решается путем питания светодиода от специального источника питания, преобразующего некоторое типовое входное напряжение в напряжение питания светодиода и обеспечивающее протекание через светодиод требуемого тока.

Как правило, светодиоды редко используются в единичном экземпляре для освещения. Традиционно из светодиодов формируют группы последовательных, параллельных и последовательно-параллельных цепочек, из которых собственно и формируется светоизлучающая часть светодиодного светильника.

Рассмотрим особенности каждого типа включения светодиодов.

При параллельном включении нескольких светодиодов (рис.3.1.) все они питаются от одного напряжения, но через них протекает разный ток. Резистор R1 выполняет с одной стороны роль токоограничивающего элемента, а с другой - балласта, на котором падает разница напряжений источника питания и рабочего напряжения светодиодов. Однако такой способ является самым нерациональным, поскольку не позволяет обеспечивать одинаковую яркость светимости светодиодов, из-за того, что через каждый из них протекает не заданный ток, а ток, соответствующий на ВАХ диода приложенному напряжению. Диоды являются элементами с нелинейными вольт-амперными характеристиками и при этом еще для каждого светодиода существует разброс технологических параметров, поэтому в итоге ток через каждый светодиод, а значит и яркость его свечения будут различными.

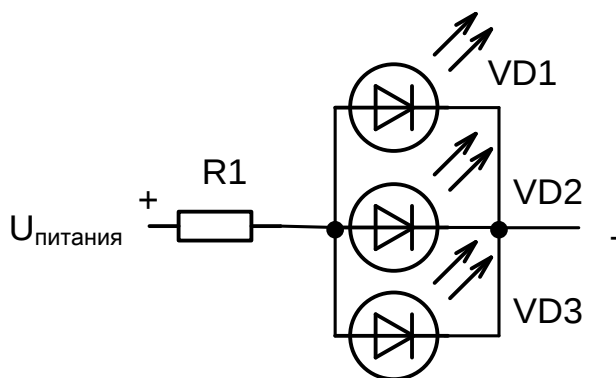


Рисунок 3.1. - Схема параллельного включения светодиодов при одном балластном резисторе.

Выходом из данной ситуации будет незначительное усложнение схемы и подключение уже последовательно с каждым светодиодом балластного резистора, как показано на рисунке 3.2. В этом случае подбором сопротивления каждого резистора можно добиться более равномерного свечения светодиодов.

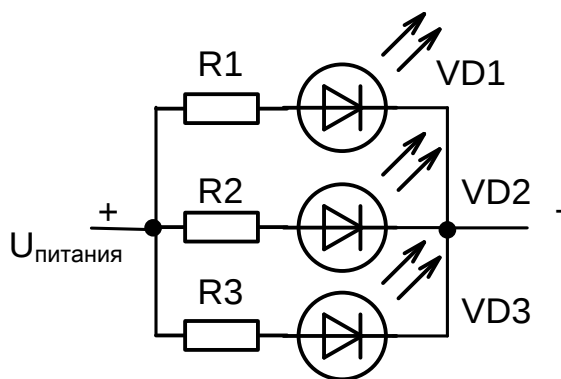


Рисунок 3.2. - Схема параллельного включения светодиодов с индивидуальными балластными резисторами.

Главное достоинство такого решения – дешевизна, поскольку стоимость обычных резисторов в оптовых партиях является всегда самой низкой. Однако, такое решение характеризуется значительными потерями мощности на балластных резисторах, а значит повышенным тепловыделением и пониженным КПД всей системы.

Лучших результатов можно добиться последовательным включением светодиодов так, как показано на рисунке 3.3.

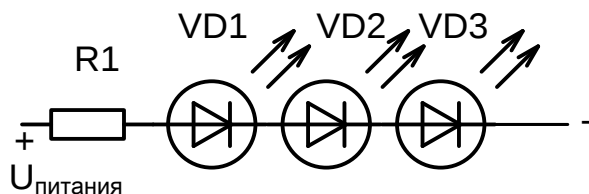


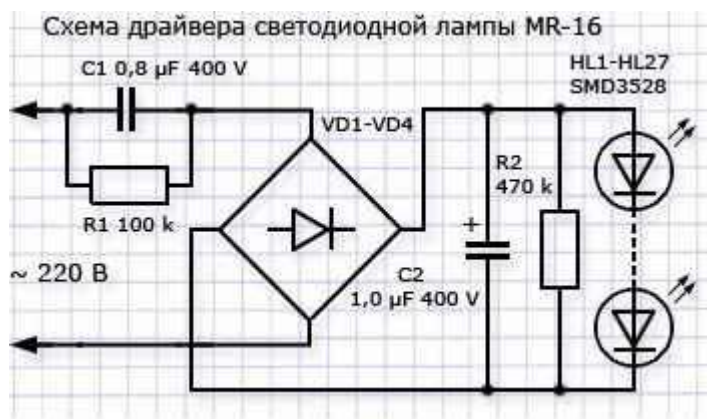
Рисунок 3.3. Схема последовательного соединения светодиодов.

В этом случае через все светодиоды протекает один и тот же ток, и если в цепочку включены идентичные светодиоды одной модели, то при такой схеме включения можно добиться одинаковой яркости свечения каждого светодиода.

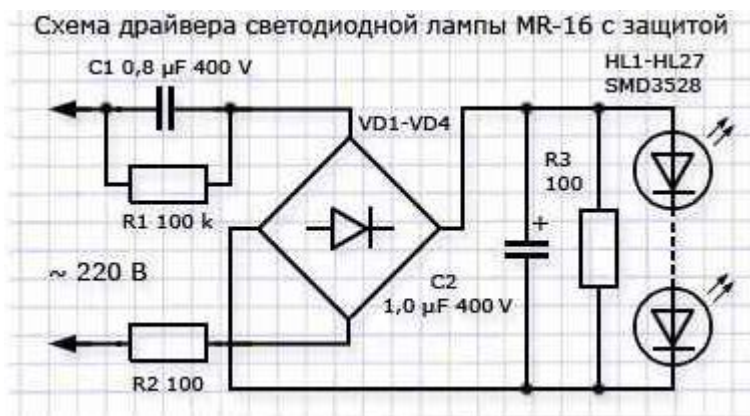
Задачей следующего уровня является преобразование уровня напряжения типового общедоступного источника питания к уровню напряжения, необходимого для питания светодиодов.

Как правило, наиболее удобно на практике использовать промышленные и бытовые сети переменного напряжения 50 Гц 220В. В этом случае необходимо понизить уровень переменного напряжения и выпрямить его и полученное напряжение подать на цепочку светодиодов с балластным резистором.

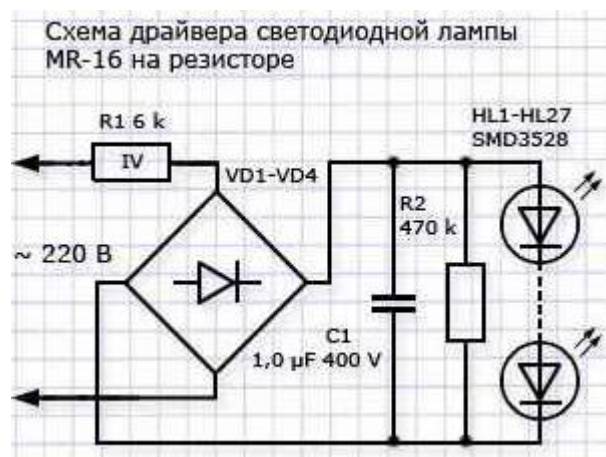
Это задачу решают простейшие схемы, показанные, например, на рисунке 3.4.



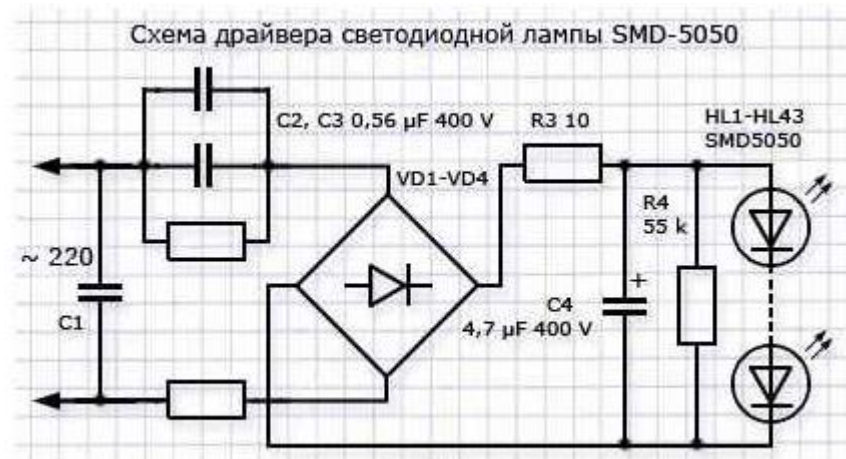
a)



б)



в)



г)

Рисунок 3.4. – Типовые схмотехнические решения для питания светодиодов от сети переменного напряжения 220В.

В этих схмотехнических решениях используется понижение сетевого переменного напряжения с помощью конденсаторов (схемы а, б, г) и мощного

резистора, включенных последовательно с выпрямительным мостом. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, параллельно выходу выпрямительного моста устанавливается конденсатор. А к светодиодам прикладывается уже напряжение этого конденсатора.

Достоинством таких схемотехнических решений является их простота и низкая стоимость всего решения в комплексе. Недостаток же – отсутствие стабилизации тока вообще и изменение величины тока, протекающего через светодиоды при изменении их температуры, а также изменении их параметров вследствие деградации в частности. Как следствие, если подобные решения применимы на бытовом уровне, где их дешевизна превалирует над надежностью, то в промышленных приложениях нашли применения более сложные варианты технических решений.

В соответствии с рассмотренными выше моментами источник питания светодиодных светильников, при питании от электрических сетей общего пользования должен выполнять следующие функции:

- выпрямление напряжения,
- преобразование выпрямленного напряжения в стабилизированное напряжение,
- генерирование требуемого тока через светодиоды,
- защита питающей сети от импульсных помех, возникающих в цепях драйвера,
- защита цепей драйвера от помех, распространяющихся по питающим сетям.

Кроме этого, необходимо учитывать, что в настоящее время на рынке широко распространены источники питания светодиодных светильников, которые допускают использование светодиодных цепочек с разным количеством последовательно включенных светодиодов. Это приводит к необходимости закладывать в источник питания светодиодов способность обеспечивать фиксированный ток при автоматически изменяющемся выходном напряжении.

В итоге можно изобразить структуру источника питания (драйвера) светодиодных светильников так, как показано на рисунке 3.5.

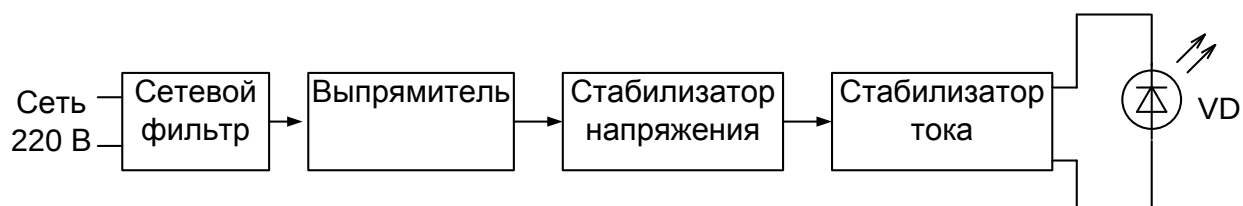


Рисунок 3.5. – Структурная схема драйвера светодиодного светильника

4. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА.

Разработку схемы электрической принципиальной для драйвера светодиодных светильников начнем в соответствии со структурной схемой, разработанной в предыдущем параграфе.

Поскольку мощность светодиодной нагрузки, подключаемой к драйверу, в соответствии с техническим заданием не превышает 20 Вт, в сетевой фильтр достаточно будет включить варистор и конденсатор малой емкости, сглаживающий высокочастотные пульсации в составе сетевого напряжения, а также высокочастотные пульсации, потенциально возникающие при работе драйвера. Варистор будет выполнять функции защиты драйвера от превышения сетевым напряжением установленных допускаемых значений. В соответствии с ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» максимальное допустимое отклонение сетевого напряжения в большую сторону равняется 220В плюс 10% или же

$$U_{\max}=220*1,1=242\text{В}.$$

Таким образом, номинальное напряжение варистора должно быть не меньше 240В для обеспечения работоспособности драйвера во всем диапазоне допустимых значений сетевого напряжения.

Тогда схема фильтра совместно с выпрямительным мостом и сглаживающим конденсатором будет выглядеть так, как показано на рисунке 4.1.

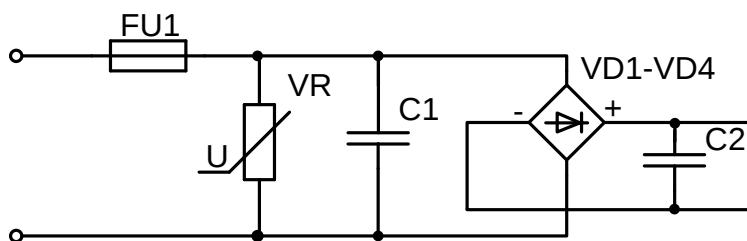


Рисунок 4.1. Схема сетевого фильтра и выпрямителя драйвера светодиодов.

В качестве варистора VR выбираем варистор 7D431K, который рассчитан на диапазон напряжений 387-473 В, что в пересчете на действующие значения соответствует 273 – 334 В и соответствует уровню допустимых максимальных сетевых напряжений.

Емкость фильтрующего конденсатора принимаем равной 0,033 мкФ.

В качестве диодов VD1-VD4 выбираем интегрированный диодный мост MB10S, рассчитанный на ток 0,5А и максимальное обратное напряжение 1000В в пластиковом корпусе с выводами для поверхностного монтажа на печатную плату.

Конденсатор C2 в соответствии с рекомендациями выбираем емкостью 0,1мкФ на напряжение 400В.

Функции стабилизации напряжения и стабилизации тока возложим на одну из самых дешевых на рынке микросхем, широко применяемую в настоящее время в драйверах светодиодных светильников BP2328D (BP2328D_EN_DS_Rev.1.2, www.bpsemi.com).

Эта микросхема, условное графическое обозначение которой показано на рисунке 4.2., содержит в своем составе корректор коэффициента мощности, который одновременно выполняет функции стабилизатора постоянного напряжения, силовой коммутирующий MOSFET транзистор, к выводу которого подключается внешний дроссель.

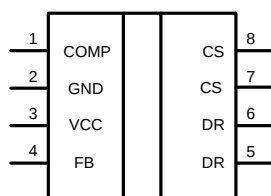


Рисунок 4.2. – Условное графическое обозначение драйвера BP2328D.

Указанный транзистор имеет низкое сопротивление в открытом состоянии, а значит на нем происходят незначительные потери мощности. К выводам микросхемы подключаются внешние дискретные элементы, обеспечивающие

контроль за возникновением разрыва цепи нагрузки, возникновением токов коротких замыканий, защиту от падения питающего внутренние управляющие цепи напряжения низкого уровня, функцию ограничения тока при превышении внутренней температуры кристалла, установленной в процессе изготовления микросхемы.

Все защитные функции микросхемы имеют автоматическое восстановление, т.е. если сработала защита от пропадания выходного тока в момент разрыва внешней цепи, то после восстановления токопроводящих цепей микросхема вернется в начальное состояние и защита вновь будет готова к работе.

Драйвер ВР2328D имеет следующие параметры:

- максимальное напряжение встроенного ключевого полевого транзистора 650В,
- коэффициент полезного действия до 95%,
- точность выходного тока $\pm 3\%$,
- пусковой ток драйвера – 33 мкА,
- рабочий потребляемый ток драйвера – 300 мкА,
- напряжение обратной связи на выводе FB -0,3...6В,
- напряжение с датчика тока нагрузки на выводе CS -0,3...6В,
- максимальная рассеиваемая мощность 0,9Вт,
- диапазон рабочих температур -40...+150 °С,
- максимальное статическое напряжение на корпусе микросхемы 2кВ.

Типовая схема включения данного драйвера, рекомендуемая производителем показана на рисунке 4.3.

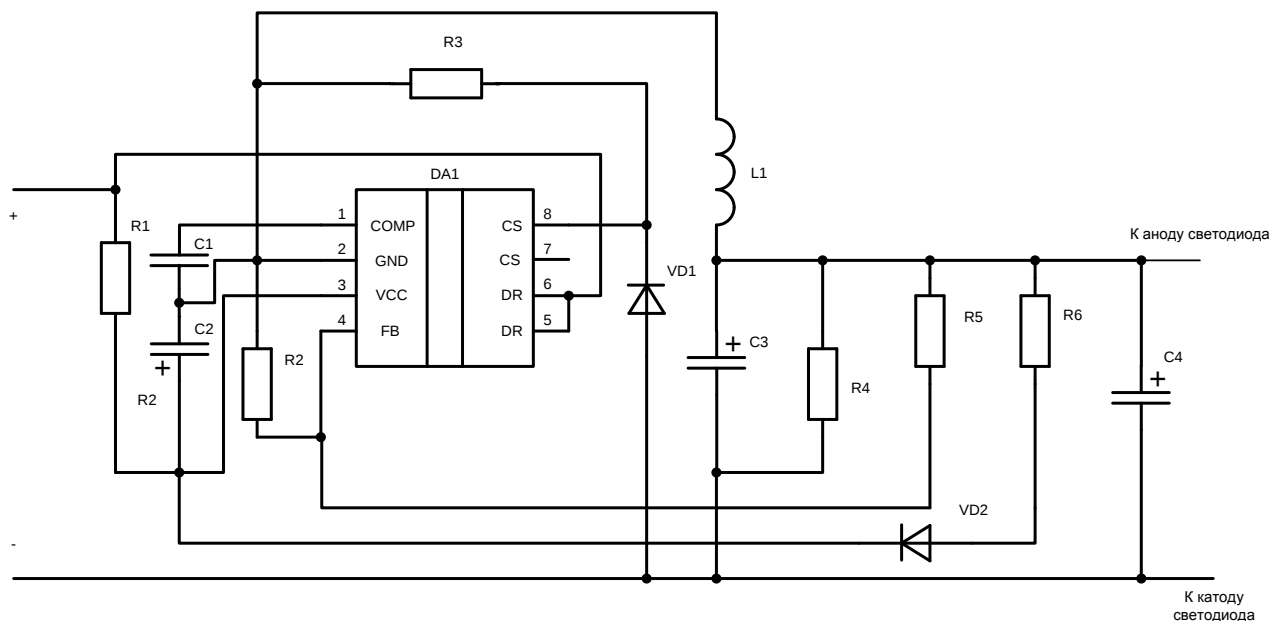


Рисунок 4.3. Схема включения драйвера BP2328D

Схема работает следующим образом.

Выпрямленное постоянное напряжение поступает на вход DR, который является стоком полевого транзистора, встроенного в микросхему. Одновременно с этим входное напряжение через резистор R1 поступает на вход VCC, являющийся входом питания логической части микросхемы. Конденсатор C2 сглаживает пульсации напряжения питания логической части схемы. Как только микросхема получает напряжение на вход VCC начинается ее работа и встроенный полевой транзистор начинает коммутировать с частотой 10 кГц.

Вход GND микросхемы является так называемой виртуальной общей точкой и служит нулевым потенциалом для всей схемы на базе DA1. Ток дросселя L1 формируется встроенным в драйвер полевым транзистором и вытекает через пару выводов CS, через резистор R3 поступает дроссель, а затем протекая через светодиоды, подключаемые к выводу «К аноду светодиодов» возвращается отрицательному полюсу входного выпрямительного моста. Благодаря конденсатору C4 пульсации напряжения на выходе драйвера сглаживаются, а сам уровень напряжения удерживается постоянным. Функцию контроля напряже-

ния на выходе схемы выполняет сам драйвер с помощью делителя напряжения на резисторах R2 и R5.

В соответствии с рекомендациями производителя элементы в схеме выбираются следующим образом.

$$R1=660 \text{ k}\Omega$$

Поскольку выходной ток через светодиоды в соответствии с исходным заданием должен удерживаться на уровне 300мА при выходном напряжении 72В, то сопротивление в цепи датчика тока CS в соответствии с данными производителя находится по выражению

$$R_{cs}=V_{ref}/I_{out},$$

где $R_{cs}=R3$ на нашей схеме,

$V_{ref}=0,2\text{В}$ в соответствии с характеристиками драйвера,

$I_{out} = 320\text{мА}$ в соответствии с техническим заданием.

Тогда

$$R_{cs}=0,2/0,3=0,667 \text{ }\Omega$$

Поскольку в номинальном ряду сопротивлений резисторов такой величины нет, включим вместо одного R3 параллельно два резистора сопротивлениями 1 и 3,3Ом соответственно, что даст нам около 0,767 Ом и соответственно величину выходного тока 0,26 А.

Делитель напряжения обратной связи из R2 и R5 рассчитывается на основании выражения

$$R2/(R2+R5) = 1,6/V_{ovp},$$

Где V_{ovp} – значение перенапряжения на выходе драйвера. Производителем рекомендуется принимать $V_{ovp}= V_o*1,3$, где V_o – выходное напряжение драйвера.

Учитывая, что в соответствии с заданием $V_o=72$, получим, что соотношение резисторов R2 и R5 должно выглядеть следующим образом:

$$R2/(R2+R5) = 1,6/(72*1,3) = 0,0171$$

В соответствии с рекомендациями производителя, сопротивление резистора R2 должно лежать в диапазоне 2кОм-5кОм, тогда наилучшее приближе-

ние к значению коэффициента 0,0171 будет для случая когда $R_2=5,1 \text{ кОм}$, а $R_5 - 300 \text{ кОм}$. Поскольку в ряду стандартных сопротивлений величины в 300 кОм нет, разобьем его на два резистора сопротивлением по 150 кОм .

Резистор R_4 предназначен для автоматического разряда конденсаторов C_3 и C_4 после снятия напряжения питания. Его сопротивление примем равным 56 кОм .

Диод VD_1 обеспечивает протекание тока дросселя по замкнутому контуру в случае разрыва контура питания схемы драйвера, позволяя избежать, тем самым, перенапряжений в схеме.

Диод VD_2 предназначен для обеспечения питающего контура схемы, подавая часть напряжения с выхода схемы драйвера на его вход при выходе микросхемы на рабочий режим.

Рассчитаем мощности рассеяния резисторов схемы.

Через резистор R_1 будет протекать максимальный ток, потребляемый драйвером 500 мкА , мощность, выделяемая на нем

$$PR_1 = (500 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 660 \cdot 10^3 = 0,165 \text{ Вт}$$

Выбираем мощность рассеяния резистора $0,25 \text{ Вт}$

На резисторе R_2 будет падать максимально $1,6 \text{ В}$, при его сопротивлении $5,1 \text{ кОм}$ через него будет протекать ток 313 мкА , что соответствует потерям мощности в $5 \cdot 10^{-4} \text{ Вт}$.

На резисторе R_5 в максимально критичном случае будет падать напряжение $72 \cdot 1,3 = 93,6 \text{ В}$, при сопротивлении заменяющих его двух резисторов по 150 кОм на каждом из них будет падать по $0,014 \text{ Вт}$.

Через резистор R_3 протекает ток светодиодного светильника, который в соответствии с заданием равняется 300 мА . Поскольку сопротивление этого резистора мы разбили на два отдельных резистора с целью получения требуемой по расчетам величины, то рассчитаем потери мощности на каждом из пары резисторов пропорционально его сопротивлению.

Через резистор сопротивлением 1 Ом будет протекать ток в три раза больше, чем через параллельно ему включенный резистор сопротивлением 3,3 Ома, тогда ток, протекающий через резистор 1 Ом будет равняться

$$(300\text{мА}/4)*3 = 225\text{ мА},$$

А мощность выделяющаяся на нем будет равняться 0,051 Вт.

Через резистор сопротивлением 3,3 Ом потечет ток

$$(300\text{мА}/4)*1 = 75\text{ мА},$$

При этом мощность, рассеиваемая на резисторе, составит 0,018 Вт.

Таким образом, мощность рассеивания на каждом из всех резисторов обвеса драйвера не превышает 0,25 Вт, поэтому для поверхностного монтажа можно выбрать элементы типоразмера 1206, у которых номинальная мощность рассеивания 0,25Вт.

Для стабилизации тока, потребляемого светодиодным светильником и сглаживания его пульсаций, на выходе установим схему сглаживания пульсаций тока, показанную на рисунке 4.4. В этой схеме используется стабилизатор тока SM208ND, который рассчитан на ток светодиодов 300мА.

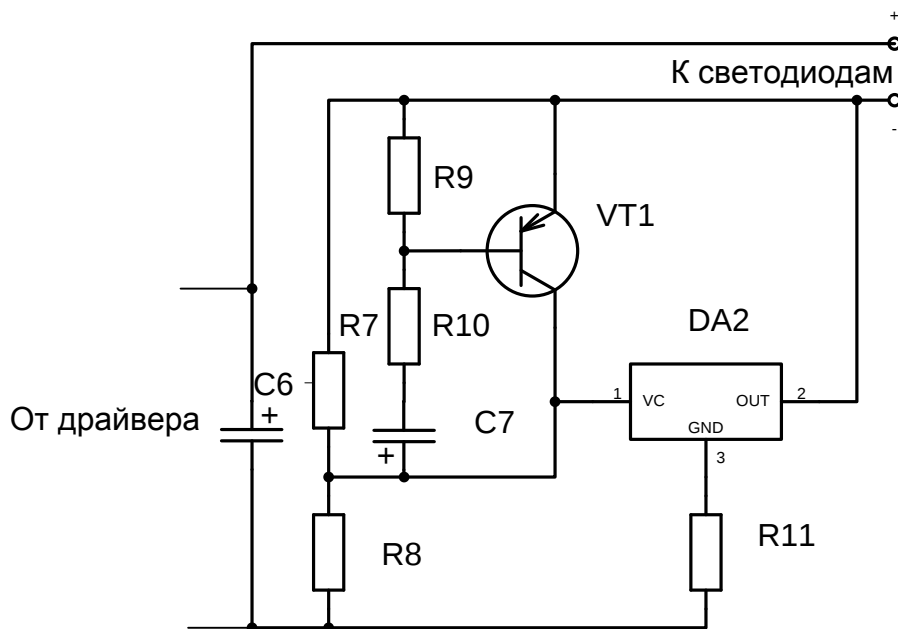


Рисунок 4.4. Схема стабилизатора тока

В соответствии с рекомендациями производителями номиналы элементов имеют следующие значения:

R7,R8 - 10 кОм, тип корпуса 1206,

R9 – 300 Ом, тип корпуса 1206,

R10 – 5,1 кОм, тип корпуса 1206,

R11 – 2,2 Ом, тип корпуса 1206,

C6 – 100мкФ 100 В,

C7 – 100 мкФ, 16В,

VT1 – биполярный транзистор S8550 или 2ТУ.

Таким образом, результирующая схема будет выглядеть, как показано на рисунке 4.5.

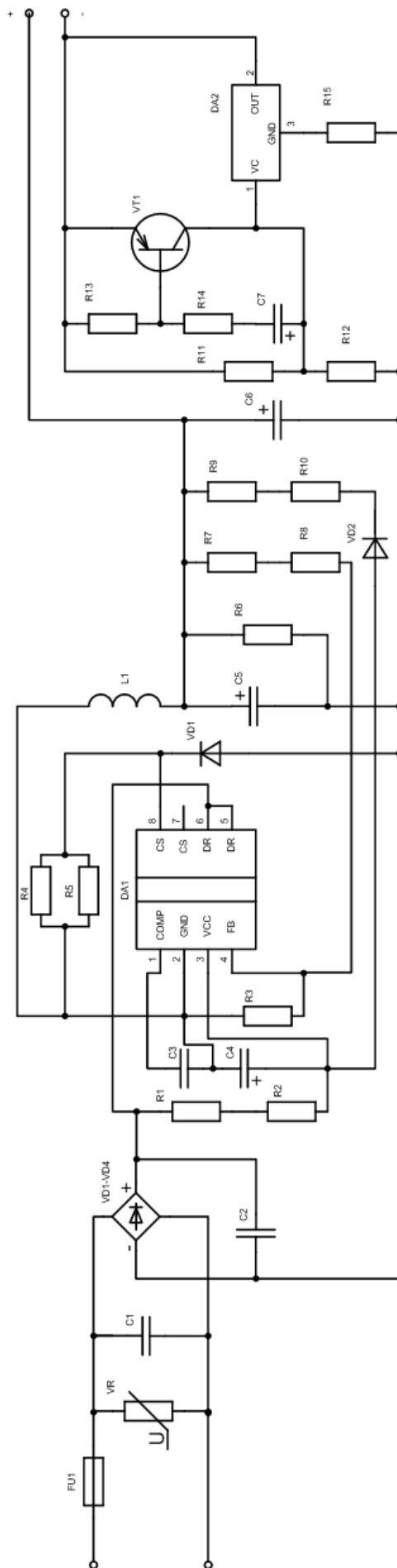


Рисунок 4.5. Схема электрическая принципиальная источника питания светодиодного светильника

5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

В данном разделе выполним разводку печатной платы с помощью программного пакета Altium Designer. Исходными данными для разводки печатной платы является схема электрическая принципиальная, показанная на рисунке 4.5.

Печатную плату изготовим из стеклотекстолита одностороннего толщиной 1,5 мм СФ-1-35-1,5.

Таблица 5.1 - Параметры выбранного основания для монтажа элементов.

Марка	Электрические параметры фольгированного стеклотекстолита			
	Толщина изоляции d, мм	Толщина фольги h, мкм	Максимальная плотность тока J, А/мм ²	Удельное сопротивление изолятора ρ, Ом/м
СФ-1-35-1.5	1,5	35	4	$1,2 \cdot 10^9$

Условимся, что минимальное расстояние между дорожками для первой и второй платы не должно превышать 0,5мм.

Монтаж элементов на схему осуществляется к контактной площадке в центре которой находится монтажное отверстие, в которое будет вставляться вывод элемента схемы. Монтажное отверстие имеет металлизированные стенки. Диаметр металлизированного отверстия зависит от толщины платы, диаметр отверстия должен составлять не менее половины толщины платы. Для монтажа SMD элементов создание металлизированных отверстий в центре платы не требуется.

Токопроводящий слой печатной платы создается комбинированным методом. При этом проводники получают травлением фольги, а металлизированные отверстия - электрохимическим методом. Для вытравливания проводников требуется нанести защитный слой на те участки платы где будут находиться проводники. Защитный слой с шириной дорожек 0,3мм, можно создать например с помощью нанесения на платы фото чувствительного лака.

После травления в плате сверлятся отверстия для монтажа элементов. Подготовка и металлизация отверстий гальваническим способом. Затем плату следует облудить, один из способов лужения это смазать плату жидким флюсом и паяльником нанести расплавленный припой вдоль дорожек после чего промыть плату, что бы удалить не нужный флюс. Для защиты платы от вредных воздействий окружающей среды применяют аэрозольные распылители на основе флюсующих композиций. Нанесенный на поверхность заготовки лак после высыхания образует прочную гладкую пленку, которая препятствует окислению.

Пайку SMD элементов на второй плате удобно осуществлять поместив плату в термошкаф или с помощью фена и припоев с низкой температурой плавления таких как сплав Розе.

Результаты разводки печатной платы показаны на рисунках 5.1. и 5.2.

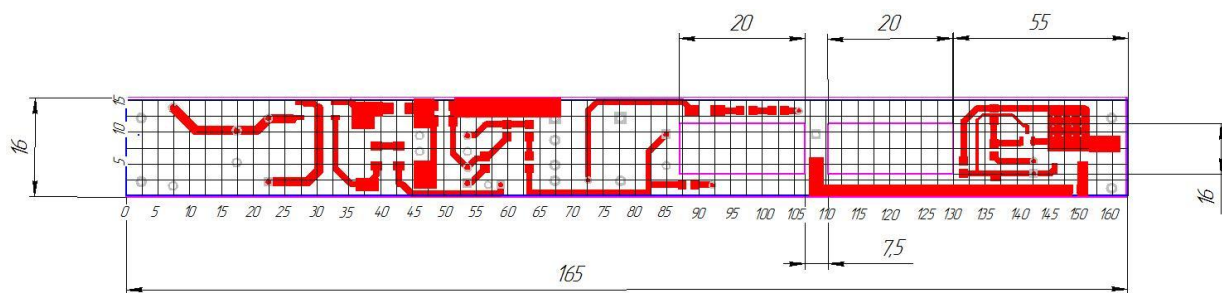


Рисунок 5.1. Верхняя сторона печатной платы

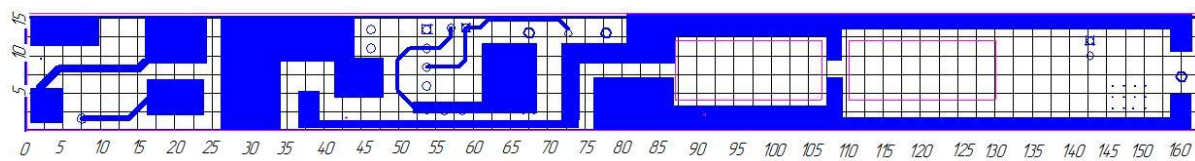


Рисунок 5.2. Обратная сторона печатной платы.

6. РАСЧЕТ СТОИМОСТИ КОМПЛЕКТУЮЩИХ И МАТЕРИАЛОВ.

В этом разделе проведен расчет затрат на материалы комплектующие для создания источника питания светодиодного светильника с учетом розничных цен.

Расчет затрат на основные материалы представлен в табл.6.1

Таблица 6.1 - Затраты на основные материалы.

Наименование материала	Марка	ГОСТ, ТУ	Ед. изм.	Норма расхода шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
Флюс	Сосновая канифоль	19113-84	шт.	1	6	6
	Спиртовой раствор сосновой канифоли		шт.	1	30	30
Припой	Сплав Розе	48-0220-57-93	шт.	2	15	30
Стеклотекстолит 2х-сторонний	СФ-2-35-1,5	10316-78	шт.	1	50	50
Хлорное железо	FeCl ₃	6-00-05763458-129-91	шт.	1	70	70
Итого						186

Полную стоимость покупных комплектующих изделий определили по табл. 6.2.

Таблица 6.2 - Стоимость покупных комплектующих изделий.

Наименование изделия	Марка, размер	Количество, шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
Микросхемы	BP2328D	1	50	50
	SM208ND	1	30	30

Диодные мосты	CD MB10S	1	8	8
Дроссель	L1	1	125	125
Резисторы	SMD1206	15	0,5	7,5
Конденсаторы Кнопки	HY-50B-4,7 мкФ-LSER	1	5	5
	HY-100B-100 мкФ-LSER	2	10	20
	SMD1206-820нФ	1	1	1
	CBB21-100нF-400V	1	10	10
	EX Tenta MKP - 0,033мкФ-275 VAC -	1	12	12
Провода	BW7401, 10м	1м	0,75р/м	0,75
Итого:				269,25

Стоимость покупных комплектующих изделий с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$C_{покуп} = \sum_{i=1}^n S_{покуп} \cdot (1 + K_{тз}),$$

где $K_{тз}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов; $K_{тз} = 0,04$

$S_{покуп}$ – стоимость покупных комплектующих изделий, руб.

$$C_{покуп} = 269,25 \cdot (1 + 0,04) = 280,2 \text{ руб.}$$

Результаты расчёта затрат материалы и комплектующие сведены в таблицу 6.8.

Таблица 6.3 - Результаты расчета затрат на материалы и комплектующие

Наименование статей затрат	Абсолютная величина затрат, руб.
Затраты на основные материалы	186
Затраты на комплектующие	280,02
Итого:	466,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработан источник питания светодиодных светильников. Рассмотрены основные принципы работы различных светодиодов, проведена классификация типов светодиодных светильников по различным признакам. Разработана структурная схема, выбрана и рассчитана элементная база.

В части конструкторской работы проведена разводка печатной платы на основе двухстороннего фольгированного стеклотекстолита.

Некоторые результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы на практике при создании светодиодных источников питания.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Котлярский А.И., Павленко В.А. Промышленная электроника, изд. 2-е, исправленное и дополненное. – М.: "Недра", 1984.
- 2 Ковалев Ф.И., Мосткова Г.П. Полупроводниковые выпрямители, изд. 2-е, переработанное. – М.: "Энергия", 1978.
- 3 Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, изд. 6-е. – М.: "Мир", 2003.
- 4 Горина Л.Н. Обеспечение безопасности условий труда на производстве. – Учебное пособие. – Тольятти: ТГУ, 2000, 68с.
- 5 Александров К.К., Кузьмин Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: "Энергоатомиздат", 1990.
- 6 Костиков В.Г., Парфенов Е.М. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для ВУЗов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.: ил.
- 7 Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. – М.: Издательский дом Додэка, 2001. – 384с.
- 8 Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых устройств: Учебник для ВУЗов. – 3-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 320с.: ил.
- 9 Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. Отделение, 1986. – 188 с.: ил.
- 10 Жеребцов И.П. Основы электроники. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
- 11 Петухов В.М. Транзисторы и их зарубежные аналоги: Справочная книга. – М.: издательское предприятие РадиоСофт, 2004.
- 12 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. М., 1995.
- 13 <http://www.coilcraft.com/Z926x-B>.
- 14 <http://www.irc.com/IR2159>.
- 15 <http://www.irc.com/IRPLLNR3>.

- 16 <http://www.st.com/L6561>.
- 17 <http://www.rhombus-ind.com>.
18. http://kit-e.ru/articles/led/2006_3_20.php - интернет источник.
19. http://www.ylati.ru/klassifikaciya_svetodiodnyx_svetilnikov.html - интернет источник
20. <http://nevaled.ru/klassifikacija-svetodiodnyh-svetilnikov> - интернет источник