

Давиденко Ю. Н.

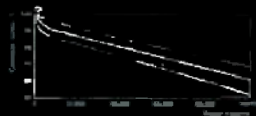
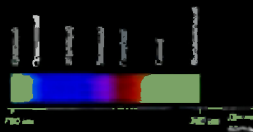
# НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ДОМАШНЕГО ЭЛЕКТРИКА

## ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ

ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ И СХЕМЫ



эта книга поможет сделать ваш дом светлым, уютным и при этом платить за электроэнергию меньше



- выбор современных люминесцентных ламп
- оригинальные схемы включения ламп
- программы для расчета электронных балластов

*Домашний мастер*

**НИТ**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Ю. Н. ДАВИДЕНКО

НАСТОЛЬНАЯ КНИГА

# ДОМАШНЕГО ЭЛЕКТРИКА

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ



---

Наука и Техника  
Санкт-Петербург  
2005

Давиденко Ю. Н.

**Настольная книга домашнего электрика: люминесцентные лампы.** — СПб.: Наука и Техника, 2005. — 224 с.: ил.

**ISBN 5-94387-198-5**

Серия «Домашний мастер»

---

Книга продолжает серию публикаций для домашних электриков в серии «Домашний мастер». Материал излагается простым и доступным языком. Первая глава полностью посвящена техническим и эксплуатационным особенностям ЛЛ. Приведена расшифровка системы обозначения ЛЛ, основные технические характеристики и параметры, рекомендации по выбору и применению, таблицы аналогов.

Вторая глава посвящена вопросам электропитания ЛЛ. Век электромагнитного балласта, состоящего из дросселя и стартера, подходит к концу. Практически все развитые страны отказываются от его использования в связи с неэффективностью. Наступает время ЭПРА — электронного пускорегулирующего аппарата (электронного балласта). Сведения, приведенные в этой главе, помогут грамотно спроектировать и изготовить своими руками ЭПРА. Радиолюбители и все те, кто захочет лично создать электронный балласт, найдут здесь практические конструкции, рисунки печатных плат, информацию по элементной базе.

Книга предназначена для широкого круга домашних мастеров.



9 795943 871985

**ISBN 5-94387-198-5**

Контактные телефоны издательства

(812) 567-70-25, 567-70-26

(044) 516-38-66

Официальный сайт [www.nit.com.ru](http://www.nit.com.ru)

© Давиденко Ю.Н.

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2005

---

ООО «Наука и Техника».

Лицензия №000350 от 23 декабря 1999 года.

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать 18.07.2005. Формат 60×88/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 14 п. л.

Тираж 3000 экз. Заказ № 255.

Отпечатано с готовых диалозитивов в ОАО «Техническая книга»

190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

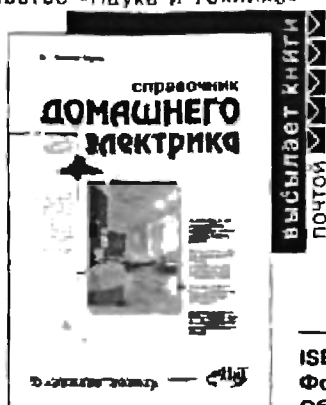
# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
<b>ГЛАВА 1</b>	
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП .....</b>	<b>16</b>
1.1. Устройство и принцип работы. Достоинства и недостатки. Классификация .....	16
1.2. Стандартные люминесцентные лампы .....	24
1.3. Люминесцентные лампы с улучшенной цветопередачей. ....	28
1.4. T5 — высокоэффективные люминесцентные лампы нового поколения .....	38
1.5. Специальные люминесцентные лампы .....	43
1.6. Компактные люминесцентные лампы .....	62
1.7. Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы.....	77
<b>ГЛАВА 2</b>	
<b>ПУСКРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ, или КАК ПРАВИЛЬНО ЗАЖЕЧЬ И ПИТАТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ .....</b>	<b>90</b>
2.1. Электромагнитные ПРА. Принцип работы и недостатки .....	90
2.2. Электронные стартеры .....	92
2.3. Электронный ПРА — балласт, с которым не утонешь .....	106
2.4. Ballast Designer — автоматизированное проектирование электронных балластов .....	196
<b>ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ.....</b>	<b>216</b>
Интернет-ресурсы .....	216
Список использованной литературы.....	216

Издательство «Наука и Техника»

С.Л. Корякин-Черняк

## Справочник домашнего электрика



ISBN: 5-94387-138-1  
Формат: 70x100/16  
Объем: 400 с.: ил.

Издание 3-е, переработанное и дополненное

Справочник обобщает необходимые домашнему электрику сведения по основам электротехники, элементам домашней электросети и Умного Дома, электробезопасности, организации эффективного освещения, учета и экономии электроэнергии.

Материал в справочнике систематизирован. Приводится много интересных примеров, полезных советов, важных предупреждений, рисунков и таблиц. Даются ссылки на наиболее интересные ресурсы Интернет, из которых можно почерпнуть более подробную информацию.

Книга содержит несколько разделов:

- Что такое электроэнергия и как она подается в дом.
- Элементы домашней электросети (провода, шнуры, кабели, электроустановочные изделия, соединители, выключатели).
- Эффективное освещение дома (свет и освещение, светильники).
- Учет и экономия электроэнергии (индукционные и микропроцессорные многотарифные счетчики, схемы включения).
- Электробезопасность в доме (плавкие предохранители, автоматические выключатели, устройства защитного отключения).
- Электромонтажные работы, диагностика, ремонт.

## ВВЕДЕНИЕ

Ни для кого не секрет, что мы живем в мире, переполненном электромагнитными излучениями. Излучение подобного рода представляет собой распространяющиеся в пространстве колебания напряженностей электрического и магнитного полей. Количество колебаний в секунду носит название частоты излучения (одному колебанию в секунду соответствует частота 1 герц), а расстояние на оси распространения излучения между точками с одинаковой напряженностью поля — длины волны излучения (измеряется в метрах). На практике мы имеем дело с частотами от единиц до сотен миллионов герц.

Электромагнитное излучение непрерывно по всему спектру, часть которого напрямую воспринимается различными органами человеческого организма. Для удобства описания оно было разбито на условные диапазоны длин волн, имеющие практическое значение. Собственно свет, как излучение, напрямую воспринимаемое глазом, лежит в промежутке длин волн от 380 до 780 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Разумеется, чувствительность глаз каждого конкретного человека индивидуальна, но в светотехнике пользуются параметрами среднестатистического зрительного аппарата человека.

Вплотную по спектру к свету, или видимому излучению, прилегают еще два излучения — ультрафиолетовое (от 10 нм до 380 нм) и инфракрасное (от 780 нм до 1 мм). Диапазон длин волн, совместно занимаемый видимым, инфракрасным и ультрафиолетовым излучениями (от 10 нм до 1 мм), носит название оптического (рис. В1).

Нетрудно вычислить, что видимый свет занимает всего 0,04% оптического диапазона; кроме того, сам оптический диапазон незначителен в сравнении с остальным электромагнитным спектром. Самое время вспомнить, что посредством зрения, то есть через этот узенький спектральный мостик видимого излучения, человек получает более 90% информации об окружающем мире...

Световое излучение каждой длины волны воспринимается как цветное. С детства всем знакома пословица «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан». Первые буквы слов в ней являются первыми буквами

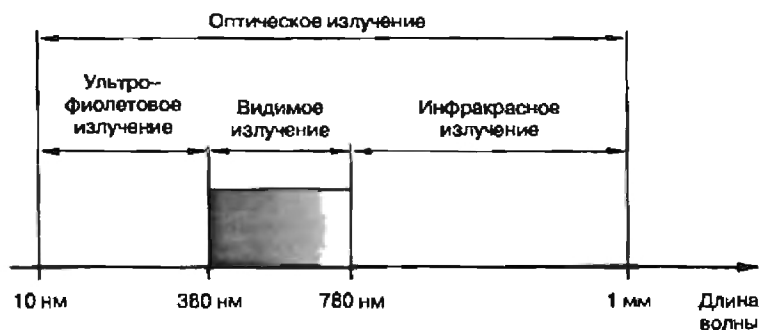


Рис. В1. Видимое и оптическое излучения (шкала длин волн не в масштабе)

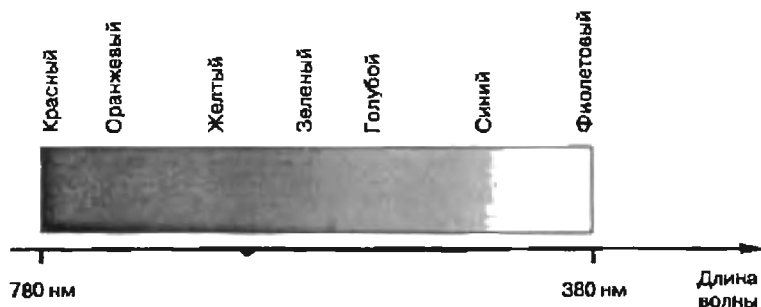


Рис. В2. Расположение основных цветов в видимом спектре

цветов, расположенных согласно видимому спектру по мере убывания длины волны (рис. В2).

Как и следовало ожидать, исследования показали, что чувствительность глаза к разным длинам волн неодинакова. Она наиболее высока в середине видимого диапазона (приходящейся на зеленый свет, длина волны 555 нм) и минимальна к его краям, то есть в области синих и красных излучений (рис. В3).

Очевидно, что излучение одной и той же мощности воспринимается глазом как более интенсивное, если в его спектре больше зеленого света. Это натолкнуло исследователей на мысль ввести специальную систему оценки количества света, напрямую связанную со среднестатистической чувствительностью глаза.

Иногда не знакомые с теорией света люди задают вопрос: «Какую длину волны имеет белый свет?». Такая постановка вопроса в принципе неправильна. Белым светом мы называем смесь цветных излучений, результат воздействия на глаз набора различных длин волн. Именно этим

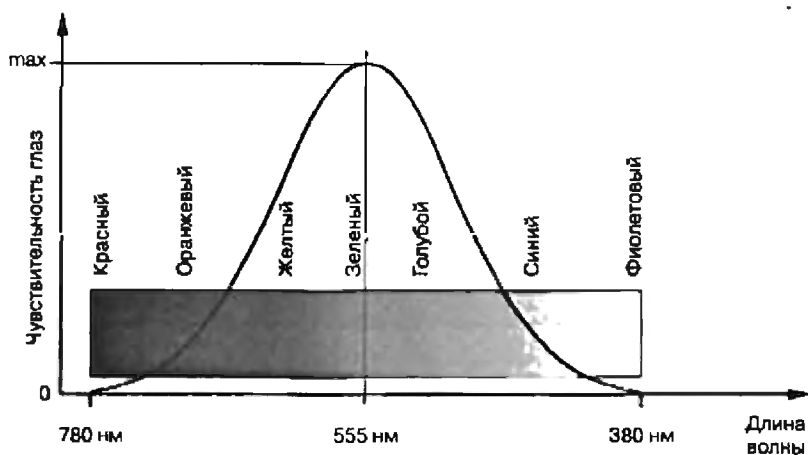


Рис. В3. Спектральная чувствительность глаз человека

объясняется тот не всегда очевидный факт, что в природе не существует идеально белого (не имеющего оттенка) излучения. Любой реальный белый свет имеет оттенок, определяющийся соотношением входящих в него красных, синих и зеленых излучений.

Зрительный аппарат человека представляет собой весьма оригинальную конструкцию (рис. В4), по образу и подобию которой строятся современные оптические системы. Приемником света является сетчатка — слегка искривленная поверхность, покрытая светочувствительными элементами, условно называемыми «палочками» и «колбочками». Первые из них обладают чувствительностью только к интенсивности света и равномерно расположены по всей поверхности сетчатки, а вторые чувствительны как к интенсивности, так и к цвету, и сосредоточены ближе

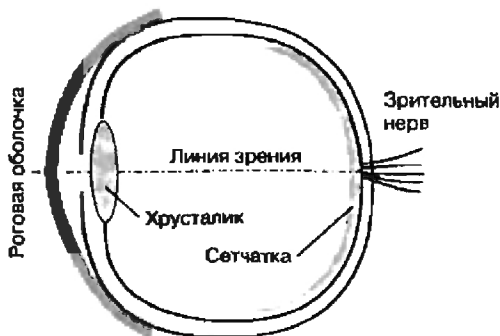


Рис. В4. Упрощенное устройство глаза



к ее центральной части. Палочки отвечают в основном за ночное зрение, когда света настолько мало, что цветоразличительный аппарат колбочек не работает. Сетчатка является как бы матрицей из чувствительных точек, каждая из которых формирует для нас изображение окружающего мира.

Для того, чтобы на сетчатке формировалось четкое изображение, используется природная линза — хрусталик (рис. В4). За счет своей гибкости он может менять фокусное расстояние, и мы одинаково четко видим как удаленные, так и близкие объекты. Весьма любопытен факт, что любая линза дает перевернутое изображение действительности. Хрусталик в человеческом глазу — не исключение. Возникает вопрос — почему же мы видим все в правильном положении, а не вниз головой? Природа и здесь нашла оригинальное решение. «Перевоорачивание» выполняется в зрительной затылочной доле мозга.

Чувствительность палочек и колбочек к свету с разными длинами волн неодинакова. В ночное время наиболее ярким (но бесцветным, как и остальные) воспринимается излучение с длиной волны около 500 нм, также относящееся к зеленой группе.

Органы зрения, по устройству аналогичные человеческому глазу, имеют и некоторые высшие животные. Основные отличия заключаются в плотности светочувствительных элементов (обычно у животных она ниже, и изображение получается менее четкое) и в диапазоне воспринимаемых длин волн. Например, кошки способны видеть в темноте, так как их глаз воспринимает часть инфракрасного излучения, однако они не могут различать цвета из-за того, что их сетчатка состоит только из палочек.

Свет, как и любое излучение, испускается неким источником и взаимодействует с одним из приемников (например, химическими веществами в палочках и колбочках сетчатки глаза). Все существующие в мире источники света делятся на тепловые (планковские) и люминесцентные. В первом случае за счет сильного нагрева тело начинает излучать полный спектр излучения, включающий и видимую часть (вспомните раскаленный гвоздь, дающий белый свет), а во втором излучением света сопровождается высвобождение внутренней энергии электронов вещества.

При попадании светового излучения на любое тело часть его отражается, то есть освещаемое тело становится как бы вторичным излучателем света. Другая часть претерпевает преобразование в тепловую, химическую или электрическую энергию (это противоположность процесса излучения как перехода какого-либо вида энергии в световую). Это явление носит название поглощения света. И, наконец, в случае невысокого поглощения света веществом наблюдается сквозное прохождение через него света. Свойства вещества отражать, поглощать и пропускать свет соответственно носят названия коэффициентов отражения, поглощения и пропускания, каждый из которых равен относи-

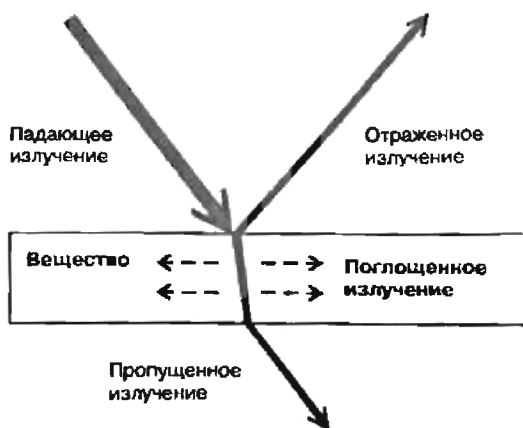


Рис. В5. Падающее, отраженное и пропущенное излучения

тельной доле отраженного, задержанного и прошедшего сквозь вещество излучения (рис. В5).

Каждый из коэффициентов может меняться в пределах от 0 практически до 1, причем их сумма для любого вещества всегда равна единице в силу закона сохранения энергии.

Рассмотрим световые величины и единицы. Все световые единицы измерения (световой поток, сила света, освещенность) представляют собой соответствующие энергетические величины, применимые для любого электромагнитного излучения (поток излучения, сила излучения, облученность), взвешенные по видимому спектру с учетом кривой чувствительности глаза. Это пугающе звучащее определение становится понятнее после небольшого пояснения.

Традиционно мощность излучения оценивают в ваттах. Однако если 1 Вт излучения с длиной волны 555 нм дает нам такой же зрительный эффект, как, скажем, 10 Вт излучения с длиной волны 700 нм, то что нам скажет общая мощность излучателя в 20 Вт? Ярким оно будет или нет? Ответить на этот вопрос, пользуясь лишь мощностью излучения, невозможно. Например, если этот излучатель красный (длина волны 700 нм) или синий (длина волны 450 нм), то он будет намного менее ярким, чем зеленый (длина волны 500 нм). А если вся мощность излучения сосредоточена в инфракрасной области спектра, то свечения такого излучателя мы вообще не увидим.

Поэтому целесообразно оценивать не мощности, а производимый эффект разнеспектральных излучений. Проще всего это сделать, умножив мощность излучения данной длины волны на относительную чувстви-

ность глаза к такому излучению. Подобный процесс приведения мощности излучения к эффекту его действия носит название взвешивания мощности по чувствительности человеческого глаза, а оцененный таким образом эффект светового действия излучения — световым потоком.

**Световой поток** — величина, характеризующая количество излучаемого (поглощаемого или отраженного) света. Световой поток представляет собой мощность излучения, оцененную с позиции его воздействия на зрительный аппарат человека.

**Единица светового потока** — 1 люмен (сокращенно 1 лм), что соответствует потоку зеленого излучения с длиной волны 555 нм мощностью 1/683 Вт. Эффективность источника излучения, показывающая, сколько света вырабатывается на 1 Вт потребляемой энергии, измеряется в люменах на ватт (лм/Вт) и носит название световой отдачи.

**Светоотдача** — количество излучаемых люменов на единицу потребляемой мощности (лм/Вт). Этот параметр показывает, сколько энергии, поступающей на лампу, превращается в свет, а сколько — в тепло. Чем выше этот параметр, тем лучше.

Максимальная теоретически возможная световая отдача равна 683 лм/Вт и наблюдаться она может только у источника с длиной волны 555 нм, преобразующего энергию в свет без потерь. Излучатель, содержащий в своем спектре свет с другими длинами волн, всегда будет иметь худшую эффективность. Лучшие из современных ламп имеют световую отдачу, приближающуюся к 200 лм/Вт.

Говоря о реальных излучателях, часто важно бывает знать плотность излучаемой энергии по их площади. Отвечающая за это световая величина носит название светимости и равна световому потоку, излучаемому с 1 м<sup>2</sup> поверхности. Измеряется светимость в лм/м<sup>2</sup>.

Кроме общего количества света, излучаемого источником в пространство, необходимо представлять распределение излучения по направлениям. Например, даже самая обыкновенная лампа накаливания покажется темной, если смотреть на нее со стороны цоколя, и ослепительно яркой во всех остальных направлениях. Интенсивность излучения традиционно оценивается потоком излучения в исчезающе малом телесном угле, отнесенным к этому углу. Для светового излучения она описывается силой света, единицей измерения которой является 1 кандела (1 кд). Упрощенно можно считать, что сила света показывает, какую долю светового потока отдает источник в рассматриваемом направлении.

Если поместить интересующий нас излучатель в центр окружности, разбитой на 360 секторов, а потом обойти вокруг него и измерить в каждом секторе силу света, то получится очень распространенный в светотехнике график, называемый *кривой силы света (КСС)*. Некоторая сложность в чтении этого графика заключается в том, что он составляется не

в привычной прямоугольной, а в так называемой полярной системе координат. Первой координатой является собственно значение силы света, откладываемое по прямой оси. Вторая координата представляет собой угол поворота этой оси относительно нулевого направления. Таким образом, по графику КСС можно без труда определить силу света источника в любом направлении.

Не менее важным параметром является яркость источника или освещенной им поверхности. Подобно силе света, яркость характеризует количество света, излучаемого или отражаемого в данном направлении, однако не в абсолютном выражении, а в отношении к площади излучающей (переизлучающей) поверхности. Таким образом, источник площадью  $1 \text{ м}^2$  и силой света  $10 \text{ кд}$  будет иметь такую же яркость, как источник площадью  $0,5 \text{ м}^2$  и силой света  $5 \text{ кд}$ , несмотря на то, что световые потоки и силы света этих источников будут различны. Тем не менее, их поверхности будут восприниматься человеческим глазом как разные по размеру, но одинаково яркие; в этом и заключается физиологический смысл понятия яркости. Яркость измеряется в канделах на квадратный метр ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ).

И, наконец, последней, но едва ли не самой важной в светотехнике ключевой величиной является освещенность, показывающая, сколько света падает на ту или иную поверхность. Освещенность равна отношению светового потока, упавшего на поверхность, к площади этой поверхности. Единицей измерения освещенности является 1 люкс (лк):  $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$ .

Распространенной ошибкой не знакомых со светотехникой людей является попытка считать освещенность характеристикой излучателя. Нередко можно услышать вопрос: а какую освещенность дает эта лампа? Теперь ответ нам очевиден. Освещенность дает не лампа, а та часть ее светового потока, которая попала на интересующую нас поверхность. А то, сколько света дойдет до поверхности, зависит от расстояния до этой поверхности, ориентации лампы в пространстве, наличия отражающих или поглощающих свет объектов... А значит, вопрос некорректен, и для ответа на него не хватает исходных данных.

Теперь рассмотрим понятия «свет» и «цвет». Выше говорилось, что даже все существующие в природе «белые» излучения имеют множество цветных оттенков. Например, только под описание «теплого» оттенка попадает целый спектр цветов от красноватого до зеленовато-желтого. В случае окрашенного света, широко применяющегося в декоративных световых эффектах, не меньшие трудности возникают с определением понятий «синего», «фиолетового», «зеленого» и других цветов.

«Идеальный» или *монохроматический цвет*, содержащий лишь одну длину волны, практически невозможно воспроизвести при помощи стандартных электрических ламп, поэтому любое реальное цветное излуче-

ние также представляет собой набор излучений из определенного диапазона длин волн.

Таким образом, оттенок белого света либо насыщенность цветного света определяется соотношением монохромных излучений. Здесь уместно дать ответ на часто встречающийся вопрос: «А сколько существует цветов в природе?». Количество цветов, как и количество возможных соотношений монохромных излучений, бесконечно. Однако с практической точки зрения имеет смысл говорить о максимальном количестве различимых глазом цветов. Действительно, изменив всего на 0,1 Вт мощность цветной лампы, формально мы получим уже другой цвет излучения, однако на глаз это будет незаметно. Максимальное количество различимых глазом цветов составляет около 12 миллионов.

Другой распространенный вопрос, ответ на который не так очевиден, звучит так: «А что представляют собой черный и серый цвета?». Строго говоря, таких цветов не существует. Черным цветом мы привыкли называть полное отсутствие цвета как такового. Практически не излучающие и не отражающие свет объекты выглядят черными (яркий пример — черная бархатная бумага). А в качестве серого мы обычно воспринимаем белый свет недостаточной яркости. Не случайно одним из наименований серого цвета служит «грязно-белый».

Задача *цветовоспроизведения*, в том числе при искусственном освещении, заключается в многократном повторении одного и того же цвета. Рассматривать отдельно каждую длину волны практически невозможно, да и огромная таблица мощностей излучений вряд ли позволит с легкостью составить представление о цвете света. Важно уметь оценивать не сами мощности монохромных излучений, а их пропорции при помощи относительно простой и удобной системы измерения.

Такая система измерений была создана в 1931 году. Все оттенки цветов было предложено оценивать двумя условными координатами —  $x$  и  $y$ , каждая из которых может меняться от 0 до 1. Таким образом, все существующие в природе цвета (с учетом цветовой чувствительности человеческого глаза) вписались в причудливую геометрическую фигуру, получившую название *локуса*.

Для искусственного освещения пользуются, в основном, источниками белого света. Координаты белых цветов расположены в центральной части локуса. Классическим белым излучателем является не существующий в природе идеальный тепловой излучатель — абсолютно черное тело. Цветность его излучения напрямую связана с температурой его нагрева. Линия, вдоль которой смешаются координаты цветности абсолютно черного тела, носит название *линии белых цветов*. В первом приближении абсолютно черное тело можно сравнить с лампой накаливания, цвет излучения которой при нагреве спирали меняется аналогичным образом.

Используя абсолютно черное тело в качестве эталона, удобно создать систему оценки оттенков белого света, содержащую всего лишь один параметр — *температуру абсолютно черного тела*, при которой его излучение имеет такой же оттенок, как и свет рассматриваемой лампы. Этот параметр получил наименование цветовой температуры.

*Цветовая температура CCT (Correlated Color Temperature)* — величина, характеризующая спектральный состав излучения источника света; определяется температурой абсолютно черного тела (т. е. тела, полностью поглощающего падающие на него лучи), при которой его излучение имеет такой же спектральный состав и распределение энергии по спектру, как и излучение данного источника. В системе единиц СИ цветовая температура, как и абсолютная температура, выражается в Кельвинах (К).

Таким образом, *цветовая температура исследуемой лампы* — это температура абсолютно черного тела, дающего такой же оттенок излучения, что и эта лампа.

Измеряется цветовая температура по шкале Кельвина, один градус в которой равен градусу Цельсия, а начало отсчета находится в точке «абсолютного нуля», соответствующей  $-273,16^{\circ}\text{C}$ .

Чаще всего цветовая температура никак не связана с реальной температурой лампы. Исключение составляют тепловые излучатели — лампы накаливания, цветовая температура которых приблизительно равна реальной температуре нагрева спирали.

Чем выше температура абсолютно черного тела, тем меньше доля красных и больше доля синих излучений в его спектре. Эту зависимость можно пронаблюдать, накаливая металлический гвоздь на газовой горелке. По мере усиления нагрева гвоздь приобретает сначала красный, затем желтый и, в результате, голубоватый оттенок. Психологически синий оттенок воспринимается как более холодный, а красный — как более теплый. Этим и объясняется странная, на первый взгляд, зависимость: чем выше цветовая температура лампы, тем ее свет кажется холоднее.

При оценке цветовой температуры ЛЛЛ чаще всего используют следующие диапазоны:

- лампы с CCT 2880...3200 К имеют желтоватый оттенок («теплый» цвет, «warm»);
- лампы с CCT 3500 К — «нейтральнобелый» цвет;
- лампы с CCT 4100 К — «холодный» («cool») белый цвет;
- лампы с CCT 5500...7000 К имеют голубоватый оттенок («дневной свет», «daylight»).

Научившись определять цветовые оттенки, самое время критически взглянуть на качество освещения. Сам по себе оттенок еще не позволяет

оценить, удачно или неудачно световое решение. Неудачными считаются лишь источники света, цвет которых сильно отличается от белого (например, натриевые лампы). Это связано с тем, что цветной свет вызывает химический дисбаланс в сетчатке глаза и способствует зрительному утомлению.

Однако даже белые лампы с одинаковой цветовой температурой могут создавать совершенно различное зрительное впечатление. Дело в том, что цветовая температура не имеет однозначной связи со спектром лампы. Но именно спектр лампы определяет тот цвет окружающих предметов, который мы получим при освещении. Например, в свете натриевой лампы низкого давления, содержащем всего две длины волны желтого цвета, все объекты будут выглядеть желтыми, черными и серыми.

Способность источника света правильно воспроизводить цвета (то есть создавать цветное впечатление, соответствующее эталонному) носит название *цветопередачи*.

Возникает вопрос: «А что считать эталонным цветовым впечатлением?». Здесь необходимо задаться сразу двумя эталонами — эталонным источником белого света и эталонными образцами цвета. В качестве *эталонного света* логично выбрать свет, не зависящий от деятельности человека, то есть встречающийся в природе. В первую очередь, таким источником света является Солнце. Однако цвет солнечного света зависит от многих факторов, например, времени года, суток и географической широты. Например, свет рассветного и закатного солнца выглядит окрашенным в оранжевый цвет; тот же эффект наблюдается при прохождении солнечных лучей через загазованную атмосферу. Поэтому в качестве эталона оказалось удобно принять тот же идеальный источник света, что и для определения цветовой температуры — абсолютно черное тело.

Как уже упоминалось, черное тело является тепловым источником света, а значит, наилучшую цветопередачу в сравнении с ним будут иметь тепловые лампы. Этим объясняется то, что цветопередача ламп накаливания считается практически идеальной. Но как быть с другими видами естественного света, например, с прохладным светом облачного неба? В сравнении с прямым солнечным светом свет облачного неба имеет весьма невысокую цветопередачу.

Специально для оценки «холодных» источников цвета был узаконен второй *эталон белого света*, представляющий собой идеализированное облачное небо с цветовой температурой 6500 К — так называемый эталонный источник типа D65. Таким образом, лампы с цветовой температурой до 4000 К сравниваются по цветопередаче с черным телом, а более «холодные» источники света — с так называемым эталонным источником типа D65.

В качестве эталонных цветных образцов выбрано 8 разбросанных по спектру красок с фиксированными характеристиками. Цветопередача оценивается на основании усреднения разницы в цвете этих образцов, наблюдающемся при освещении эталонным и исследуемым источником света. Численное выражение цветопередачи носит название индекса цветопередачи  $R_a$ .

Индекс цветопередачи  $R_a$  — CRI (Color Rendering Index) — характеризует, насколько близки к «истинным» будут цвета объектов при рассмотрении их в свете лампы. Под «истинными» понимаются цвета при рассмотрении с использованием тестового источника.  $R_a$  принимает значения от 1 до 100 (1 — наихудшая цветопередача, 100 — наилучшая). Индекс более 80 является хорошим показателем, более 90 — отличным.

Диапазон  $R_a$  от 40 до 100 разбит на группы, которые используют производители в технических каталогах для характеристики цветопередачи своих ламп (табл. В1).

Группы цветопередачи

Таблица В1

Группа цветопередачи	Индекс цветопередачи $R_a$
1A	90...100
1B	80...89
2A	70...79
2B	60...69
3	40.. 59

Идеальную (равную 100) цветопередачу могут иметь только источники света, спектр которых подобен спектру эталона. Это условие выполняется только для тепловых ламп, практически аналогичных черному телу. Спектр любой разрядной лампы не совпадает ни с эталоном «теплых» цветов, ни с источником D65. Поэтому  $R_a$  самых лучших разрядных ламп никогда не будет равен 100. Максимальное его значение достигает 95...98 единиц.

Разумеется, на основании оценки качества передачи цвета 8 образцов нельзя сделать уверенный вывод о передаче этим же источником других цветов. Некоторые лампы, имеющие  $R_a = 82...85$ , тем не менее, имеют заметные «провалы» в спектре и плохо воспроизводят «неэталонные» цвета (например, известные трехполосные ЛЛ). Для более подробного исследования цветопередачи применяются профессиональные оценочные системы, содержащие многие десятки цветных образцов.



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

## 1.1. Устройство и принцип работы. Достоинства и недостатки. Классификация

Люминесцентная лампа (ртутная лампа низкого давления; далее по тексту — ЛЛ) является газоразрядным источником света. Конструктивно она представляет собой стеклянную трубку с нанесенным на внутреннюю поверхность слоем люминофора (рис. 1.1). В торцы трубки введены вольфрамовые спиральные электроды; для повышения эмиссионной способности на электроды наносится оксидная суспензия, изготовляемая из карбонатов или перекисей щелочноземельных металлов.

Внутри лампы находятся разреженные пары ртути и инертный газ (аргон). Давление ртутных паров в ЛЛ зависит от температуры стенок лампы и составляет при нормальной рабочей температуре 40 °С примерно 0,13...1,3 Н/м<sup>2</sup> (10<sup>-2</sup>...10<sup>-3</sup> мм рт. ст.). Такое низкое давление обеспечивает интенсивное излучение разряда в ультрафиолетовой области спектра (преимущественно с длиной волны 184,9 и 253,7 нм). Под действием электрического напряжения (поля), приложенного к электродам, в лампе возникает

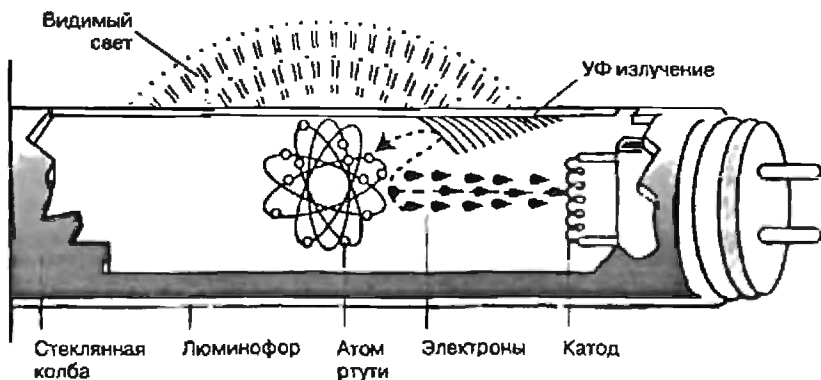


Рис. 1.1. Строение люминесцентной лампы

газовый разряд. При этом проходящий через пары ртути ток вызывает ультрафиолетовое излучение. На внутреннюю поверхность лампы нанесен слой особого вещества (люминофор). Наиболее распространенным люминофором является галофосфат кальция, активированный сурьмой и марганцем. Изменяя соотношение активаторов, можно получить люминофоры разных марок и изготавливать лампы разной цветности.

Ультрафиолетовое излучение, воздействуя на люминофор, заставляет его светиться, т. е. люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение газового разряда в видимый свет. Стекло, из которого выполнена ЛЛ, препятствует выходу ультрафиолетового излучения из лампы, тем самым предохраняя наши глаза от вредного для них излучения. Исключением являются бактерицидные и ультрафиолетовые лампы; при их изготовлении применяется увиолевое или кварцевое стекло, пропускающее ультрафиолет.

Широкое распространение на сегодня получают ЛЛ с амальгамами In, Cd и других элементов. Более низкое давление паров ртути над амальгамой дает возможность расширить температурный диапазон оптимальных световых отдач до  $60^{\circ}\text{C}$  вместо  $18...25^{\circ}\text{C}$  для чистой ртути.

При повышении температуры окружающей среды сверх допустимой нормы ( $25^{\circ}\text{C}$  для чистой ртути и  $60^{\circ}\text{C}$  для амальгам) возрастают температура стенок и давление паров ртути, а световой поток снижается. Еще более заметное уменьшение светового потока наблюдается при понижении температуры, а, значит, и давления паров ртути. При этом резко ухудшается и зажигание ламп, что делает невозможным их использование при температурах ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  без утепляющих приспособлений. В связи с этим представляют интерес безртутные ЛЛ с разрядом низкого давления в инертных газах. В этом случае люминофор возбуждается излучением с длиной волны от 58,4 до 147 нм. Поскольку давление газа в безртутных ЛЛ практически не зависит от окружающей температуры, неизменными остаются и их световые характеристики.

На сегодняшний день проблема работы ЛЛ при низких температурах решена использованием ЛЛ нового поколения, так называемых ламп Т5 (с диаметром трубки 16 мм), компактных люминесцентных ламп и применением для питания ЛЛ высокочастотных электронных пускорегулирующих аппаратов (ПРА).

Световая отдача ЛЛ повышается при увеличении размеров (длины) за счет снижения доли анодно-катодных потерь в общем световом потоке. Поэтому рациональнее использовать одну лампу на 36 Вт, чем две по 18 Вт. Срок службы ЛЛ ограничен дезактивацией и распылением (истощением) катодов. Отрицательно сказываются на сроке службы также колебания напряжения питающей сети и частые включения и выключения ламп. При использовании ЭПРА эти факторы сведены к минимуму.

Широкое использование ЛЛ связано с тем, что они имеют ряд значительных преимуществ перед классическими лампами накаливания.

1. Высокая эффективность:

- КПД — 20...25%. (у ламп накаливания около 7%);
- светотдача (т. е. количество излучаемых люменов на единицу потребляемой мощности) 70...105 лм/Вт (у ламп накаливания 7...12 лм/Вт).

2. Длительный срок службы — 15000...20000 ч (у ламп накаливания — 1000 ч и сильно зависит от напряжения питания).

Имеют ЛЛ и некоторые недостатки.

1. Как правило, все разрядные лампы для нормальной работы требуют включения в сеть совместно с балластом. *Балласт*, он же *пускорегулирующий аппарат (ПРА)*, — электротехническое устройство, обеспечивающее режимы зажигания (но не всегда само зажигание) и нормальной работы ЛЛ.

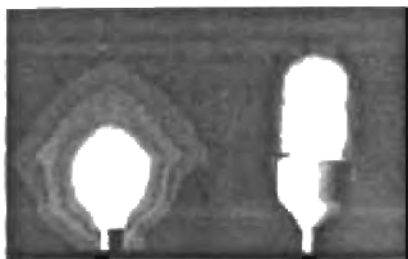
2. Зависимость устойчивой работы и зажигания лампы от температуры окружающей среды (допустимый диапазон 5...55 °С, оптимальной считается 20 °С). Хотя этот диапазон постоянно расширяется с появлением ламп нового поколения и использованием электронных балластов (ЭПРА).

Остановимся несколько подробнее на достоинствах и недостатках ЛЛ.

Известно, что оптическое излучение (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное) оказывает на человека (его эндокринную, вегетативную, нервную системы и весь организм в целом) значительное физиологическое и психологическое воздействие, в основном благотворное. Дневной свет — самый полезный. Он влияет на многие жизненные процессы, обмен веществ в организме, физическое развитие и здоровье. Но активная деятельность человека продолжается и тогда, когда солнце скрывается за горизонтом. На смену дневному свету приходит искусственное освещение. Долгие годы для искусственного освещения жилища использовались (и используются) только лампы накаливания — тепловой источник света, спектр которого отличается от дневного преобладанием желтого и красного излучения и полным отсутствием ультрафиолета. Кроме того, лампы накаливания, как уже упоминалось, неэффективны, их коэффициент полезного действия 6...8%, а срок службы очень мал — не более 1000 ч. Высокий технический уровень освещения с этими лампами невозможен. Вот почему вполне закономерным оказалось появление ЛЛ — разрядного источника света, имеющего в 5...10 раз большую световую отдачу, чем лампы накаливания, и в 8...15 раз больший срок службы. Преодолев различные технические трудности, ученые и инженеры соз-

дали специальные ЛЛ для жилья — компактные, практически полностью копирующие привычный внешний вид и размеры ламп накаливания и сочетающие при этом все достоинства (компактность, комфортную цвето-передачу, простоту обслуживания) с экономичностью стандартных ЛЛ.

На рис. 1.2 представлено сравнение компактной ЛЛ с лампой накаливания. Как видно из термографического рисунка, лампа накаливания (слева) 92...94% электроэнергии преобразует в тепло и лишь 6...8% — в свет, тогда как компактная люминесцентная лампа (справа), давая такой же световой поток, расходует на 80% меньше электроэнергии.



*Рис. 1.2. Сравнение компактной люминесцентной лампы с лампой накаливания*

В силу своих физических особенностей ЛЛ имеют еще одно очень важное преимущество перед лампами накаливания: возможность создавать свет различного спектрального состава — теплый, естественный, белый, дневной, что может существенно обогатить цветовую палитру домашней обстановки. Не случайно существуют специальные рекомендации по выбору типа ЛЛ (цветности света) для различных областей применения (они будут приведены ниже). Наличие контролируемого ультрафиолета в специальных осветительно-облучательных ЛЛ позволяет решить проблему профилактики «светового голодания» для городских жителей, проводящих до 80% времени в закрытых помещениях. Так, выпускаемые фирмой OSRAM ЛЛ типа BIOLUX, спектр излучения которых приближен к солнечному и насыщен строго дозированным ближним ультрафиолетом, успешно используются одновременно и для освещения, и для облучения жилых, административных, школьных помещений, особенно при недостаточности естественного света.

Выпускаются также специальные загарные ЛЛ типа CLEO (фирмы PHILIPS), предназначенные для принятия «солнечных» ванн в помещении и для других косметических целей. При использовании этих ламп следует помнить, что для обеспечения безопасности необходимо строго соблюдать инструкции изготовителя облучательного оборудования.

Таким образом, ЛЛ, обеспечивающие достаточно много света в квартире, сохраняют тем самым, зрение, снижают утомляемость, повышают работоспособность и поднимают настроение; кроме того, спектральный состав их излучения легко варьируется по цвету. Все это делает такие лампы исключительно привлекательными для потребителя.

А теперь остановим внимание на *недостатках люминесцентного освещения*, к которым многие причисляют его пресловутую «вредность для здоровья». Природа газового разряда такова, что, как уже было сказано выше, любые ЛЛ имеют в спектре небольшую долю ближнего ультрафиолета. Известно, что при передозировке даже естественного солнечного света могут возникнуть неприятные явления; в частности, избыточное ультрафиолетовое облучение может привести к заболеваниям кожи, повреждению глаз. Однако, сравнив воздействие на человека в течение жизни естественного солнечного и искусственного люминесцентного излучения, мы поймем, сколь необоснованно предположение о вреде излучения ЛЛ. Было доказано, что работа в течение года (240 рабочих дней по 8 часов в день) при искусственном освещении ЛЛ холодно-белого света с очень высоким уровнем освещенности в 1000 лк (это в 5 раз превышает оптимальный уровень освещенности в жилье) соответствует пребыванию на открытом воздухе в г. Давос (Швейцария) в течение 12 дней летом по одному часу в день в полдень.

Следует заметить, что реальные условия в жилых помещениях бывают в десятки раз более щадящими, чем в приведенном примере. Следовательно, о вреде обычного люминесцентного освещения говорить не приходится. К аналогичным выводам пришли медики, гигиенисты и светотехники, принявшие участие в проводившейся в Мюнхене развернутой научной дискуссии на тему «Влияние освещения ЛЛ на здоровье человека». Все участники дискуссии были единодушны: строгое соблюдение правил грамотного устройства освещения, которые включают ограничение прямой и отраженной блескости, ограничение пульсации светового потока, обеспечение благоприятного распределения яркости и правильной цветопередачи полностью устранил существующие еще жалобы на люминесцентное освещение.

В приведенном выше перечне важное место занимает вопрос ограничения пульсации светового потока. Дело в том, что традиционные линейные трубчатые ЛЛ, подключенные к сети с помощью электромагнитного пускорегулирующего аппарата (чаще всего применяемого в светильниках), создают свет не постоянный во времени, а «микропульсирующий», т. е. при имеющейся в сети частоте переменного тока 50 Гц пульсация светового потока лампы происходит 100 раз в секунду. И хотя эта частота выше критической для глаза и, следовательно, мелькание яркости

освещаемых объектов глазом не улавливается, пульсация освещения при длительном воздействии может отрицательно влиять на человека, вызывая повышенную утомляемость, снижение работоспособности, особенно при выполнении напряженных зрительных работ: чтении, работе за компьютером, рукоделии и т. д. Вот почему появившиеся достаточно давно светильники с электромагнитным низкочастотным ПРА рекомендуется использовать в так называемых «нерабочих» зонах (подсобных помещениях, подвалах, гаражах, лестничных площадках и т. д.). В светильниках с электронным высокочастотным ПРА указанная особенность работы ЛЛ полностью устранена, но даже такие светильники с линейными ЛЛ достаточно громоздки и для местного (рабочего) освещения не всегда удобны. Поэтому для традиционного освещения жилья люстрами, настенными, напольными, настольными светильниками целесообразно применять упомянутые выше компактные люминесцентные лампы.

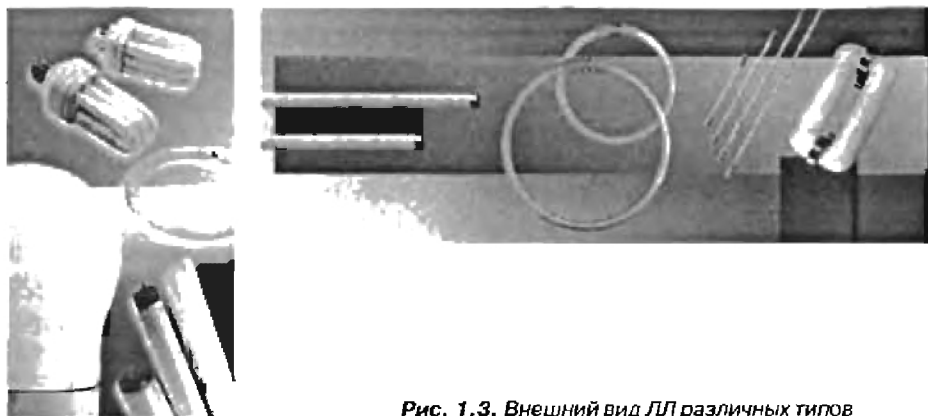
И, наконец, последнее небольшое замечание, связанное с эксплуатацией светильников с ЛЛ. В лампу для ее работы вводится капля ртути — 30...40 мг (в компактных люминесцентных лампах — 2...3 мг, а в некоторых типах амальгамных компактных люминесцентных ламп ртути в чистом виде практически нет — она находится в связанном состоянии). Если вас это пугает, вспомните, что в термометре, имеющемся в каждой семье, содержится 2 г (т. е. в 100 раз больше, чем в ЛЛ) этого жидкого металла. Разумеется, если лампа разобьется, поступить следует так же, как мы поступаем, когда разбиваем термометр, — тщательно собрать и удалить ртуть, однако содержание в лампе столь ничтожного количества ртути не представляет поводом для серьезного беспокойства.

В заключение хочется еще раз подчеркнуть, что ЛЛ в жилье — это не только более экономичный, чем лампа накаливания, источник света. Грамотное освещение люминесцентными лампами имеет множество преимуществ перед традиционным: экономичность, обилие и красочность света, равномерность распределения светового потока, особенно в случаях высвечивания протяженных объектов линейными лампами, меньшая яркость ламп и значительно меньшее выделение тепла.

На сегодняшний день наиболее качественную продукцию и широкий ассортимент на нашем рынке (рис. 1.3) представляют не отечественные производители, а мировые светотехнические брэнды:

- германская фирма **OSRAM** [<http://www.osram.com>];
- голландская **PHILIPS** [<http://www.lighting.philips.com>];
- американская **GE Lighting** (General Electric) [<http://www.gelighting.com>].

Они предлагают широчайший выбор высококачественных ЛЛ на любой вкус и цвет.



*Рис. 1.3. Внешний вид ЛЛ различных типов*

Свои люминесцентные лампы производители разделяют на две большие категории:

- люминесцентные лампы — ЛЛ (FL — Fluorescent Lamps);
- компактные люминесцентные лампы — КЛЛ (CFL — Compact Fluorescent Lamps).

По своему спектральному составу излучения все люминесцентные лампы можно условно разделить на три группы:

- стандартные;
- с улучшенной цветопередачей;
- специальные.

Помимо цветовой температуры, спектра излучения и цветопередачи люминесцентные лампы различаются:

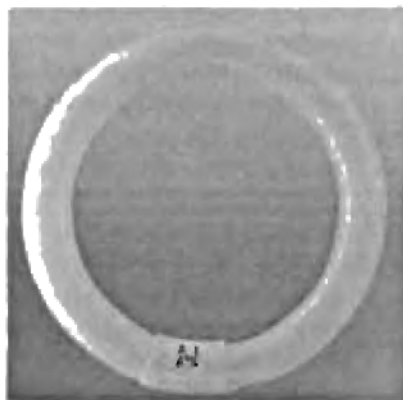
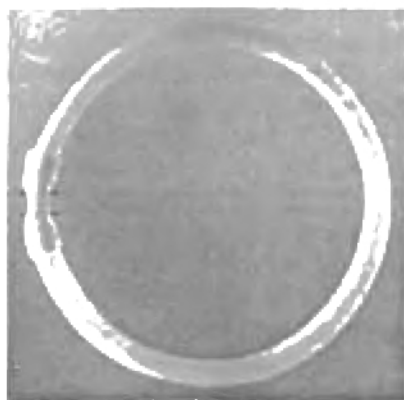
- по электрической мощности:
  - слабомощные — до 18 Вт;
  - средней мощности — 18...58 Вт;
  - мощные — свыше 58 Вт;
- по диаметру трубки:
  - T2 — 7 мм; T8 — 26 мм;
  - T5 — 16 мм; T12 — 38 мм;
- по форме и длине трубки:
  - прямые (линейные) (рис. 1.4);
  - U-образные (рис. 1.5);
  - кольцевые (рис. 1.6);
- по светораспределению:
  - с ненаправленным светоизлучением;
  - с направленным светоизлучением (рефлекторные, щелевые, панельные и др.).



*Рис. 1.4. Внешний вид прямых люминесцентных ламп*



*Рис. 1.5. Внешний вид U-образных люминесцентных ламп*



*Рис. 1.6. Внешний вид кольцевых люминесцентных ламп*



*Основными характеристиками и параметрами люминесцентных ламп, которые указывают фирмы-производители в своих технических каталогах и которые необходимы потребителю для правильного выбора той или иной лампы, являются:*

- мощность лампы (Вт);
- световой поток (лм);
- светоотдача (лм/Вт);
- цветовая температура или CCT — Correlated Color Temperature (К);
- индекс цветопередачи,  $R_a$  или CRI — Color Rendering Index;
- габаритные размеры и исполнение.

## 1.2. Стандартные люминесцентные лампы

В лампах этой серии используется широкополосный дешевый люминофор — галофосфат кальция и магния, активированный сурьмой и марганцем (ГФК). Недостаток этих ламп — низкий индекс цветопередачи  $R_a = 50...70$ , что приводит к искаженной цветопередаче освещаемых предметов. Достоинство — дешевизна (в 2...4 раза дешевле ламп с высокой цветопередачей). Именно этими ЛЛ известны отечественные производители:

- ОАО «СВЕТ» (Смоленский электроламповый завод), [www.smolenskr.ru/user/svet](http://www.smolenskr.ru/user/svet);
- ОАО «ЛИСМА», г. Саранск, [www.lisma-lighting.ru](http://www.lisma-lighting.ru).

Лампы этого типа рекомендуется использовать там, где не требуется точное определение цветовых оттенков: для освещения подвалов, гаражей, складских помещений, наружного освещения и т. п.

Большинство потребителей не знают этой особенности стандартных ЛЛ, а продавцы, в большинстве случаев, по своей полной некомпетентности в данном вопросе, ничего сказать о ЛЛ, кроме их стоимости, не могут. Поэтому нередки случаи, когда потребитель, узнав о экономичности использования ЛЛ, решил заменить у себя лампы накаливания и приобрел ЛЛ с низким индексом цветопередачи и цветовой температурой 6000 К голубоватого оттенка (у ламп накаливания индекс цветопередачи  $R_a = 95$  и цветовая температура 2700 К — теплый цвет), замечает, что в свете такой ЛЛ привычные окружающие предметы поменяли свой цветовой оттенок. В результате этого возникает дискомфорт и появляется раздражение от неудачного эксперимента.

Это в полной мере касается и компактных ЛЛ (КЛЛ) китайско-польско-турецкого производства с ненормированным индексом цветопередачи.

Пример маркировки стандартных зарубежных ЛЛ показан на рис. 1.7.

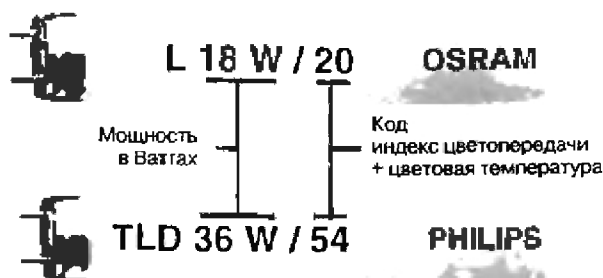


Рис. 1.7. Маркировка стандартных зарубежных люминесцентных ламп

Маркировка отечественных ЛЛ обычно состоит из 2...3 букв и цифр.

Первая буква **Л** означает люминесцентная. Следующие буквы означают цвет излучения:

- **Д** — дневной;
- **ХБ** — холодно-белый;
- **Б** — белый;
- **ТБ** — тепло-белый;
- **Е** — естественно-белый;
- **К, Ж, З, Г, С** — соответственно: красный, желтый, зеленый, голубой, синий;
- **УФ** — ультрафиолетовый.

У ламп с улучшенным качеством цветопередачи после букв, обозначающих цвет, стоит буква **Ц**, а при цветопередаче особо высокого качества — буквы **ЦЦ**.

В конце ставят буквы, характеризующие конструктивные особенности:

- **Р** — рефлекторная;
- **У** или **U** — U-образная;
- **К** — кольцевая;
- **А** — амальгамная;
- **Б** — быстрого пуска.

Цифры обозначают мощность в ваттах.

Например, **ЛБ 40** — люминесцентная лампа белого цвета излучения мощностью 40 Вт; **ЛДЦ 40-2** — люминесцентная лампа дневного цвета излучения, улучшенной цветопередачи мощностью 40 Вт, двойка после мощности показывает, что лампа — модернизированная, у нее уменьшен диаметр колбы с 38 мм до 32 мм при сохранении световых характеристик.

Расшифровка и соответствие кодов цветности различных фирм приведены в табл. 1.1.

Расшифровка и соответствие кодов цветности различных фирм

Таблица 1.1

Характеристика	Стандартные				
	Дневной	Холодный (универс.) белый		Белый (нейтральный)	Тепло-белый
Цветовая температура, К	6500	4500...4000	4000	3500	3000
Индекс цветопередачи $R_a$	75	75	62	56	50
Пятизначный код цветности OSRAM	10-765	25-740	20-640	23-535	30-530
Двузначный код цветности OSRAM	10	25	20	23	30
Двузначный код цветности General Electric	54	25	33	35	29
Двузначный код цветности PHILIPS	54	25	33	—	29
Код цветности OSRAM / SYLVANIA	154	125	133	—	129
Отечественный код	ЛД	ЛХБ		ЛБ	ЛТБ

В номенклатуре выпускаемой продукции всех ведущих производителей достаточно широко представлены ЛЛ со стандартной ( $R_a = 50...70$ ) цветопередачей. Так, фирма OSRAM в ассортименте выпускаемой продукции имеет стандартные линейные ЛЛ с диаметром трубки 26 мм (тип Т8) мощностью 18, 36 и 58 Вт (длиной от 590 до 1500 мм в зависимости от мощности), с диаметром трубки 16 мм (тип Т5) мощностью 4, 6, 8 и 13 Вт (длиной от 136 до 517 мм в зависимости от мощности), кольцевые ЛЛ с диаметром трубки 29...30 мм мощностью 22, 32 и 40 Вт, U-образные ЛЛ с диаметром трубки 26 мм мощностью 18, 36 и 58 Вт.

Аналогичные лампы имеются в ассортименте производимой продукции и фирмы PHILIPS. Стандартные ЛЛ с диаметром трубки 38 мм (тип Т12) производятся мощностью 20, 40 и 65 Вт (длиной от 590 до 1500 мм в зависимости от мощности), диаметром трубки 16 мм (тип Т5) мощностью 4, 6, 8, 13 Вт (длиной от 150 до 530 мм в зависимости от мощности), диаметром трубки 26 мм (тип Т8) мощностью 14, 15, 16, 18, 23, 36, 38, 58 и 70 Вт (длиной от 370 до 1770 мм в зависимости от мощности), кольцевые ЛЛ мощностью 22, 32, 40 и 60 Вт.

Технические характеристики отечественных люминесцентных ламп со стандартной цветностью представлены в табл. 1.2.

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм	Длина L, не более, мм	Диаметр D, мм	Тип цоколя
ЛБ 20	20	60	1060	604	38	G13d
ЛД 20	20	57	880	604	38	G13d
ЛБ 40	40	103	2800	1214	38	G13d
ЛД 40	40	103	2300	1214	38	G13d
ЛБ 65	65	110	4600	1514	38	G13d
ЛД 65	65	110	3750	1514	38	G13d
ЛБ 80	80	99	5200	1514	38	G13d
ЛД 80	80	99	4250	1514	38	G13d
ЛБ 20-2	20	65	1060	604	32	G13d
ЛД 20-2	20	65	880	604	32	G13d
ЛБ 40-2	40	110	2800	1214	32	G13d
ЛД 40-2	40	110	2300	1214	32	G13d
ЛБ 65-2	65	116	4600	1514	32	G13d
ЛД 65-2	65	116	3750	1514	32	G13d
ЛБ 80-2	80	105	5200	1514	32	G13d
ЛД 80-2	80	105	4250	1514	32	G13d
ЛБ 18	18	57	1060	604	26	G13d
ЛД 18	18	57	880	604	26	G13d
ЛБ 30	30	96	2020	909	26	G13d
ЛД 30	30	96	1650	909	26	G13d
ЛБ 36	36	103	2800	1214	26	G13d
ЛД 36	36	103	2300	1214	26	G13d
ЛБУ 22	22	68	1100	285	26	G13d
ЛБ 4	4	29	120	146	16	S15s/12
ЛБ 6	6	42	250	222	16	S15s/12
ЛБ 8	8	56	385	298	16	S15s/12
ЛБУ 8БЗ	8	61	300	146	16	G5d
ЛБ 13	13	95	780	527	16	S15s/12
ЛБ 15	15	55	835	444,5	28	G13d
ЛД 15	15	55	835	444,5	28	G13d

### 1.3. Люминесцентные лампы с улучшенной цветопередачей

Эти лампы с редкоземельными люминофорами (РЗЛ) имеют узкополосные спектры с максимумами излучения в областях максимальной чувствительности человеческого глаза (450, 540 и 610 нм). Применение высокоэффективных трех- и пятиполосных редкоземельных люминофоров привело к значительному повышению индекса цветопередачи до  $R_a = 82...97$ . При этом световой поток у ламп улучшенной цветопередачи с трехполосным люминофором  $R_a = 80...89$  примерно на 30% выше, чем у стандартных люминесцентных ламп, а у пятиполосных — примерно на 9% ниже. За высокую цветопередачу пятиполосным ЛЛ пришлось пожертвовать светоотдачей.

Лампы с трехполосным люминофором (LUMILUX T8) обладают следующими преимуществами:

- большой срок службы — около 20 тысяч часов (с ЭПРА с предварительным подогревом катодов);
- малый спад светового потока за время работы (не более 15% после 18 тысяч часов);
- высокая экологичность, сниженные расходы на утилизацию (содержат менее 5 мг ртути);
- хорошая цветопередача ( $R_a > 80$ );
- широкий диапазон цветностей.

В табл. 1.3 представлена сравнительная характеристика светоотдачи ламп разных типов.

Как мы видим, по соотношению «цена/качество» лампы с трехполосным люминофором (восьмисотой серии, код цветности — 8xx) являются лидерами. Имея самую высокую светоотдачу — 90 лм/Вт, хорошую цветопередачу и умеренную цену, они являются компромиссом между дешевыми стандартными и дорогими (но с высоким индексом цветопередачи) пятиполосными ЛЛ девятисотой серии (код цветности — 9xx).

Наиболее полная передача цветовой палитры окружающей обстановки создает более комфортные условия для восприятия. Лампы улучшенной цветопередачи применяются не только там, где при помощи общего освещения нужно наиболее четко передать цвета и оттенки окружающих предметов, но и для освещения жилых помещений и рабочих мест.

Как уже отмечалось, отечественные лампы с улучшенной цветопередачей имеют в своей маркировке буквы Ц или ЦЦ. Например, ЛЕЦ 40-2, ЛТБЦЦ 20.

Расшифровка международного трехзначного кода цветности (индекс цветопередачи плюс цветовая температура), применяющийся в маркировке ламп с улучшенной цветопередачей, приведена в табл. 1.4.

Сравнительная характеристика светотдачи ЛЛ  
с цветовой температурой 4000 К

Таблица 1.3

Характеристика	Стандартные люминесцентные лампы ( $R_s = 70$ )			Люминесцентные лампы с улучшенной цветопередачей ( $R_s = 80...89$ ), трехполосным люминофором, цветность — 840			Люминесцентные лампы с улучшенной цветопередачей ( $R_s = 90...97$ ), пятиполосным люминофором, цветность — 940		
	18	36	58	18	36	58	18	36	58
Мощность лампы, Вт	18	36	58	18	36	58	18	36	58
Световой поток, лм	1100	2600	4100	1350	3350	5200	1000	2350	3750
Светотдача, лм/Вт	61	72	71	75	93	90	55,6	65,3	64,6
Изменение эффективности по сравнению со стандартными ЛЛ, %	—	—	—	+23	+30	+27	-9	-9	-9

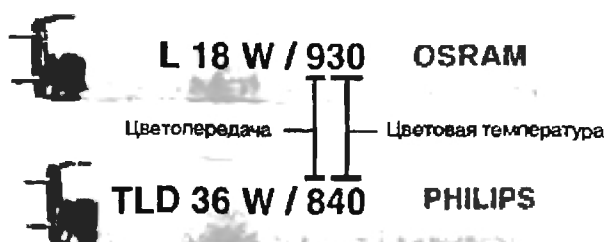


Рис. 1.8. Пример маркировки зарубежных люминесцентных ламп с улучшенной цветопередачей

Расшифровка международного трехзначного кода, применяющегося в маркировке ламп с улучшенной цветопередачей

Таблица 1.4

Люминофор	Код	Индекс цветопередачи, $R_a$	Группа цветопередачи	Цветовая температура, К	Цветовой оттенок света
Трехполосный	827	80...89	1B	2700	Очень теплый (эквивалент лампы накаливания)
	830			3000	Теплый
	835			3500	Нейтрально- (универсально-) белый
	840			4000	Холодно-белый
	860			6000	Дневной (светло-голубой оттенок)
Пятиполосный	930	90...100	1A	3000	Теплый
	940			4000	Холодно-белый
	950			5000	Дневной
	965			6500	Дневной (цвет ясного неба)

Рекомендации от фирмы OSRAM по применению ламп с улучшенной цветопередачей приведены в табл. 1.5.

Рекомендации по применению ЛЛ OSRAM

Таблица 1.5

Характеристика цветности лампы	BIOLUX®		DAYLIGHT (дневной)		COOL WHITE (холодно-белый)		WHITE (белый)	WARM WHITE (тепло-белый)	INTERNA	NATURA DE LUXE	FLUORA® OSRAM
	6500 К, 965	6000 К, 860	DE LUXE, 5400 К, 950	4000 К, 840	DE LUXE, 4000 К, 940	3500 К, 835	3000 К, 830	DE LUXE, 3000 К, 930	2700 К, 827	3500 К, 76	77
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Офисы и административные здания											
Офисы, коридоры	+			+		+	+				
Конференц-залы							+		+		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Промышленность, торговля и коммерция											
Электротехническая промышленность				+		+					
Текстильная промышленность	+	+	+	+	+	+					
Деревообрабатывающая промышленность	+	+	+	+		+					
Графическая промышленность, лаборатории (дизайн-бюро, изостудии)	+	+	+	+		+	+				
Цветовое сравнение (сравнение красок)	+		+		+						
Складские помещения, хранилища				+							
Школы и лекционные залы											
Аудитории, классы, детские сады	+			+			+		+		
Библиотеки, читальные залы	+			+			+		+		
Общественные учреждения											
Рестораны, гостиницы						+			+		
Театры, концертные залы, вестибюли									+		
Выставочные залы											
Выставочные залы и торговые выставки				+			+				
Спортивные залы и универсальные залы				+							
Художественные галереи, музеи		+	+	+	+			+	+		
Торговые помещения											
Продукты питания		+		+			+		+		
Хлебобулочные изделия									+		
Холодильные прилавки и шкафы		+		+			+			+	
Сыр, фрукты, овощи									+		
Рыба									+		
Мясо, колбасные изделия										+	
Текстильные, кожаные товары	+	+	+		+	+	+	+	+		
Мебель, ковры							+	+	+		
Спортивные товары, игрушки, канцтовары				+	+	+	+	+			
Фото, часы, ювелирные изделия	+	+	+				+	+			
Косметика, парикмахерские								+	+		



Продолжение табл. 1.5

Цвета	+		+					+	+	+	
†	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Универмаги, супермаркеты	+			+	+	+	+	+			
Больницы и приемные кабинеты											
Диагностические и лечебные кабинеты	+	+	+								
Больничные палаты, приемные	+							+	+		
Жилище											
Жилые комнаты								+	+		
Кухни, ванные, мастерские, подвалы				+	+			+	+		
Внешнее освещение											
Улицы, дороги, пешеходные зоны				+				+			
Растения, аквариумы											
Выращивание растений, теплицы											+
Аквариумы											+

Фирма OSRAM выпускает несколько серий люминесцентных ламп с улучшенной цветопередачей (группа цветопередачи 1В) с трехполосным люминофором. Так, лампы с диаметром трубки 26 мм (тип Т8) серии LUMILUX® и кодами цветности 860, 840, 835, 830 и 827 изготавливаются мощностью от 10 до 58 Вт. Кольцевые ЛЛ серии LUMILUX® с кодами цветности 840 и 827 и диаметром трубки 26 мм изготавливаются мощностью 22, 32 и 40 Вт.

Есть еще несколько серий ЛЛ OSRAM с улучшенной цветопередачей с трехполосным люминофором; например, серия FM — миниатюрные ЛЛ с диаметром трубки 7 мм (тип Т2) мощностью 6, 8, 11, 13 Вт.

Трубка диаметром 16 мм (тип Т5) используется при изготовлении нескольких серий ЛЛ. Это серия FH (Fluorescent High Efficiency), ЛЛ с повышенной светотдачей — 97...104 лм/Вт, мощностью 14, 21, 28 и 35 Вт; серия FQ (Fluorescent QUINTRON®), ЛЛ с повышенным световым потоком мощностью 24, 39, 49, 54 и 80 Вт; кольцевые ЛЛ серии FC — мощностью 22, 40 и 55 Вт. И маломощные ЛЛ с мощностью 4, 6, 8, 13 Вт.

Лампы OSRAM с улучшенной цветопередачей (группа цветопередачи 1А, коды цветности 930, 940, 950) относятся к серии LUMILUX® DELUXE. Это лампы с пятиполосным люминофором. С диаметром трубки 16 мм (тип Т5) имеются лампы мощностью 6, 8 и 13 Вт; с диаметром трубки 26 мм — мощностью от 15 до 58 Вт.

OSRAM изготавливает также ЛЛ со специальными спектральными характеристиками (код цветности 965 — серия BIOLUX, код цветности 76 — серия NATURA DE LUXE, код цветности 77 — серия FLUORA). Характеристики ЛЛ со специальными спектральными характеристиками приведены в табл. 1.6.

ЛЛ со специальными спектральными характеристиками

Таблица 1.6

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм, для ламп с цветностью		
		965, BIOLUX	76, NATURA DE LUXE	77, FLUORA
Линейная люминесцентная лампа, диаметр трубки — 26 мм				
L 15W/...	15	650	500	400
L 18W/...	18	1100	750	550
L 30W/...	30	1600	1300	1000
L 36W/...	36	2300	1800	1400
L 36W/...-1	36	—	1600	—
L 58W/...	58	3700	2850	2250

Габаритные размеры линейных люминесцентных ламп OSRAM приведены в табл. 1.7. Для подключения лампы к электрической цепи применяются стандартные цоколи: цоколь G5 по DIN 49572, цоколь G13 по DIN 49653, цоколь W4,3 по DIN IEC 60061-1.

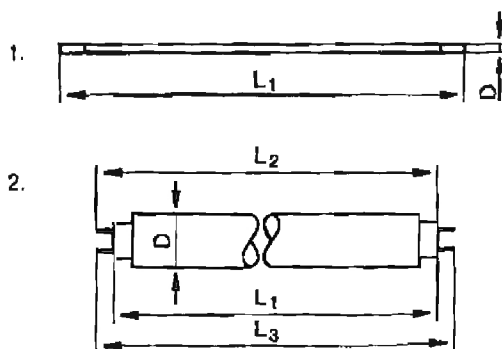
Габаритные размеры линейных люминесцентных ламп OSRAM

Таблица 1.7

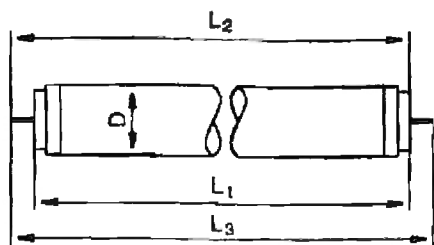
Мощность лампы, Вт (тип лампы)	Длина L <sub>1</sub> , мм	Длина L <sub>2</sub> , мм	Длина L <sub>3</sub> , мм	Диаметр D, мм	Рис.	Тип цоколя
6 (FM)	219,3 <sub>-2,0</sub>	—	—	6,6 <sup>+0,3</sup>	1	W4,3×8,5
8 (FM)	320,9 <sub>-2,0</sub>	—	—	6,6 <sup>+0,3</sup>	1	W4,3×8,5
11 (FM)	422,5 <sub>-2,0</sub>	—	—	6,6 <sup>+0,3</sup>	1	W4,3×8,5
13 (FM)	524,1 <sub>2,0</sub>	—	—	6,6 <sup>+0,3</sup>	1	W4,3×8,5
4	135,7	141,7 <sup>+1,2</sup>	150,0	15,5 <sup>+0,5</sup>	2	G5
6	211,9	217,9 <sup>+1,2</sup>	226,2	15,5 <sup>+0,5</sup>	2	G5
8	288,1	294,1 <sup>+1,2</sup>	302,4	15,5 <sup>+0,5</sup>	2	G5
13	516,9	522,8 <sup>+1,2</sup>	531,1	15,5 <sup>+0,5</sup>	2	G5
14 (FH)	549,0	554,9 <sup>+1,2</sup>	563,2	16,0	2	G5
21 (FH)	849,0	854,9 <sup>+1,2</sup>	863,2	16,0	2	G5
24 (FQ)	549,0	554,9 <sup>+1,2</sup>	563,2	16,0	2	G5
28 (FH)	1149,0	1154,9 <sup>+1,2</sup>	1163,2	16,0	2	G5

Продолжение табл. 1.7

Мощность лампы, Вт (тип лампы)	Длина $L_1$ , мм	Длина $L_2$ , мм	Длина $L_3$ , мм	Диаметр $D$ , мм	Рис.	Тип цоколя
35 (FH)	1449,0	1454,9 <sup>+1,2</sup>	1463,2	16,0	2	G5
39 (FQ)	849,0	854,9 <sup>+1,2</sup>	863,2	16,0	2	G5
54 (FQ)	1149,0	1154,9 <sup>+1,2</sup>	1163,2	16,0	2	G5
80 (FQ)	1449,0	1454,9 <sup>+1,2</sup>	1463,2	16,0	2	G5
15	437,4	443,3 <sup>+1,2</sup>	451,6	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
16	720,0	725,9 <sup>+1,2</sup>	734,2	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
18	589,8	595,7 <sup>+1,2</sup>	604,0	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
30	894,6	900,5 <sup>+1,2</sup>	908,8	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
36	1199,4	1205,3 <sup>+1,2</sup>	1213,6	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
36-1	970,0	975,9 <sup>+1,2</sup>	984,2	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
38	1047,0	1052,8 <sup>+1,2</sup>	1061,2	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
58	1500,0	1505,9 <sup>+1,2</sup>	1514,2	25,0 <sup>+1,5</sup>	2	G13
20	589,8	595,7 <sup>+1,2</sup>	604,0	37,0 <sup>+0,5 -0,8</sup>	2	G13
40	1199,4	1205,3 <sup>+1,2</sup>	1213,6	37,0 <sup>+0,5 -0,8</sup>	2	G13
40 K	589,8	595,7 <sup>+1,2</sup>	604,0	37,0 <sup>+0,5 -0,8</sup>	2	G13
65	1500,0	1505,9 <sup>+1,2</sup>	1514,2	37,0 <sup>+0,5 -0,8</sup>	2	G13
80	1500,0	1505,9 <sup>+1,2</sup>	1514,2	37,0 <sup>+0,5 -0,8</sup>	2	G13
100	1763,8	1769,7 <sup>+1,2</sup>	1778,0	37,0 <sup>+0,5 -0,8</sup>	2	G13



Габаритные размеры линейных люминесцентных ламп OSRAM серии X для бесстартерных схем с диаметром трубки 38 мм приведены в табл. 1.8. Цоколь Fa6 по DIN 49657.

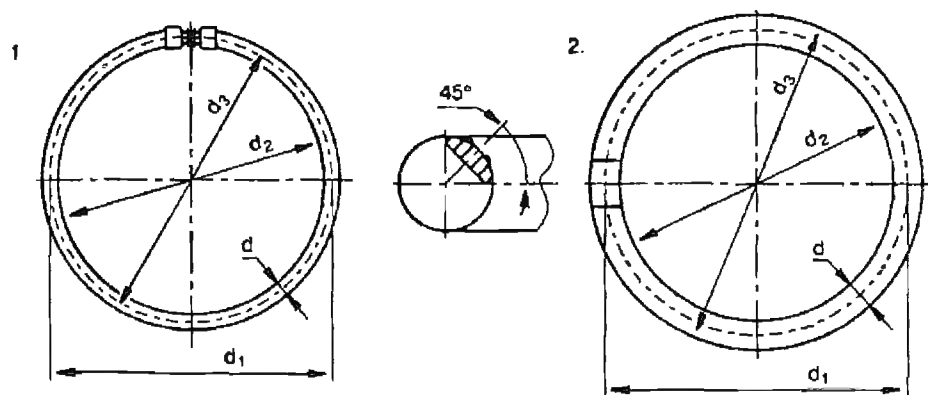


Габаритные размеры линейных ЛЛ серии X

Таблица 1.8

Мощность лампы, Вт	Длина $L_1$ , мм	Длина $L_2$ , мм	Длина $L_3$ , мм	Диаметр $D$ , мм	Тип цоколя
20	574,0	590,8 <sup>+1,2</sup>	611,0	37,0 <sup>+2,0</sup>	Fa6
40	1183,5	1200,3 <sup>+1,2</sup>	1220,5	37,0 <sup>+2,0</sup>	Fa6
65	1484,0	1500,9 <sup>+1,2</sup>	1521,1	37,0 <sup>+2,0</sup>	Fa6

Габаритные размеры кольцевых люминесцентных ламп OSRAM приведены в табл. 1.9. Цоколь — 2GX13 и G10q по DIN 49663.

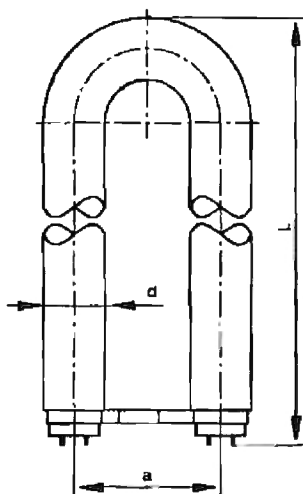


Габаритные размеры кольцевых ЛЛ OSRAM

Таблица 1.9

Мощность лампы, Вт (тип)	Диаметр $d_1$ , мм	Диаметр $d_2$ , мм	Диаметр $d_3$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Рис.	Тип цоколя
22 (FC)	—	192 <sup>+5</sup>	225 <sup>+5</sup>	16	1	2GX13
40 (FC)	—	266 <sup>+6</sup>	299 <sup>+6</sup>	16	1	2GX13
55 (FC)	—	266 <sup>+6</sup>	299 <sup>+6</sup>	16	1	2GX13
22	157,2	155,6	215,9	28 <sup>+2</sup>	2	G10q
32	245,3	246,1	307,2	30 <sup>+1</sup>	2	G10q
40	346,9	347,7	408,8	30 <sup>+1</sup>	2	G10q
60	346,9	347,7	408,8	30 <sup>+1</sup>	2	G10q

Габаритные размеры U-образных люминесцентных ламп OSRAM приведены в табл. 1.10. Цоколь 2G13 по DIN 49653 T 2.



Габаритные размеры U-образных ЛЛ OSRAM

Таблица 1.10

Мощность лампы, Вт (тип лампы)	Длина $L$ , мм	Размер $a$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Тип цоколя
18	304 <sub>-10</sub>	92 <sup>+2</sup>	26 <sub>-1</sub>	2G13
36	601 <sub>-10</sub>	92 <sup>+2</sup>	26 <sub>-1</sub>	2G13
36/.. UK	566 <sub>-10</sub>	92 <sup>+2</sup>	26 <sub>-1</sub>	2G13
58	759 <sub>-10</sub>	92 <sup>+2</sup>	26 <sub>-1</sub>	2G13
58/.. UK	566 <sub>-10</sub>	92 <sup>+2</sup>	26 <sub>-1</sub>	2G13

Фирма PHILIPS производит несколько серий люминесцентных ламп с улучшенной цветопередачей. Это миниатюрные лампы с диаметром трубки 16 мм (тип T5) — серия TL Super /80 и /90 de Luxe colours Miniature. В данной серии выпускаются лампы мощностью 8 и 13 Вт с кодом цветности 827, 830, 840 и 965. Длина ламп — 300 и 530 мм. Цоколь G5.

Следующая серия ЛЛ PHILIPS с улучшенной цветопередачей — это серия ламп с диаметром трубки 26 мм (тип T8) TL-D Super /80 colours New Generation. В этой серии выпускаются лампы мощностью от 15 до 70 Вт с кодом цветности 827, 830, 840, 865. Длина ламп от 450 до 1775 мм в зависимости от мощности. Цоколь G13.

В этой же серии ЛЛ PHILIPS с улучшенной цветопередачей применяются трубки диаметром 28 мм. Серия состоит из ламп мощностью 16, 32 и 50 Вт. Коды цветности ламп — 830, 840 и 850. Длина ламп от 600 до 1510 мм в зависимости от мощности. Цоколь G13.

Серия ЛЛ PHILIPS TL-D /90 de Luxe colours — серия ламп с улучшенной цветопередачей ( $R_a = 90 \dots 100$ ), выполненных на основе трубки диаметром 28 мм. В серии лампы мощностью от 15 до 58 Вт с кодами цветности 930, 940, 950 и 965. Длина ламп от 450 до 1510 мм в зависимости от мощности. Цоколь G13.

На трубке диаметром 16 мм (тип T5) выполнена серия высокоэффективных ламп TL5 HE (High Efficiency Lamps). Серия включает лампы мощностью от 14 до 35 Вт, коды цветности 827, 830, 835, 840 и 865. Длина ламп от 560 до 1460 мм в зависимости от мощности. Цоколь G5.

Серия ламп с повышенным световым потоком TL5 HO (High Output Lamps) также выполнена на основе трубок диаметром 16 мм. Эта серия состоит из ламп мощностью от 24 до 80 Вт с кодами цветности 827, 830, 835, 840 и 865. Длина ламп от 560 до 1460 мм в зависимости от мощности. Цоколь G5.

В ассортименте ЛЛ PHILIPS имеется серия кольцевых ламп с улучшенной цветопередачей, выполненная на основе трубки диаметром 16 мм. Это серия TL5-C (Circular Lamps). Серия состоит из ламп мощностью 22, 40, 55, 60 Вт с кодами цветности 827, 830 и 840. Максимальный диаметр ламп от 230 до 380 мм в зависимости от мощности. Цоколь 2GX13.

Соответствие некоторых серий люминесцентных ламп фирм OSRAM, GE Lighting и PHILIPS с улучшенной цветопередачей приведено в табл. 1.11.

Соответствие некоторых серий люминесцентных ламп фирм OSRAM, GE Lighting и PHILIPS с улучшенной цветопередачей

Таблица 1.11

OSRAM	GE Lighting	PHILIPS	Описание
LUMILUX®	Polylux	TL-D Super /80	Люминесцентная лампа с трехполосным люминофором, $R_a = 80...89$
LUMILUX® PLUS ECO	Polylux XL™ Polylux XLR™	TL-D HF Super / 80 New Generation	Новая серия экологичных люминесцентных ламп с трехполосным люминофором. Срок службы — 20 тыс. ч (с ЭПРА), стабильность светового потока на протяжении всего срока службы, уменьшенное содержание ртути — менее 5 мг. Оптимальные лампы для утилизации и вторичной переработки
LUMILUX® DE LUXE	Polylux De Luxe	TL-D /90 de Luxe	Люминесцентная лампа с пятиполосным люминофором, $R_a = 90...97$
LUMILUX® FH® Fluorescent High Efficiency	Starcoat™ T5	T5 HE (High Efficiency Lamps)	Люминесцентная лампа с трехполосным люминофором, 16 мм, T5, $R_a = 80...89$ . Лампы с повышенной световой отдачей — 104 лм/Вт
LUMILUX® FO® Fluorescent QUINTRON®	Starcoat™ T5	T5 HO (High Output Lamps)	С повышенным световым потоком. При длине всего 1149 мм и диаметре 16 мм лампа 54 Вт создает световой поток, аналогичный световому потоку лампы T8 56 Вт длиной 1500 мм с трубкой диаметром 26 мм

## 1.4. T5 — высокоэффективные люминесцентные лампы нового поколения

Одним из перспективных и бурно развивающихся направлений современной светотехники является производство и применение нового поколения люминесцентных ламп (ЛЛ) с диаметром трубки 16 мм (так называемых ламп T5) с электронными пускорегулирующими аппаратами.

За последние годы лампы T5 с ЭПРА завоевывали новые позиции, быстро вытесняя лампы типа T8 в колбе диаметром 26 мм, не говоря уже о лампах типа T12 в колбе с диаметром 38 мм, которые давно сняты с производства ведущими электроламповыми фирмами мира. Масштабы экспансии новой техники столь велики, что лампы T5 в Германии и

Великобритании составляют сегодня не менее 30%, в США — 40%, а в Швеции — 70% от объема всех выпускаемых ЛЛ. При этом новая техника во всех этих странах разрабатывается только для ламп Т5.

Важно отметить, что параллельно созданы и массово выпускаются два типа таких ламп: с максимальной световой отдачей мощностью 14, 21, 28 и 35 Вт (табл. 1.12) и с максимальным световым потоком мощностью 24, 39, 54 и 48 Вт (табл. 1.13).

Характеристики ЛЛ типа Т5 серии HE (High Efficiency) фирмы PHILIPS) или FH® (Fluorescent High Efficiency) фирмы OSRAM) Таблица 1.12

Мощность лампы, Вт	Длина L, мм	Световой поток, лм	Светоотдача, лм/Вт	Яркость, кд/см <sup>2</sup>
14	548	1350	96	1,7
21	848	2100	100	1,7
28	1148	2900	104	1,7
35	1448	3650	104	1,7

Характеристики ЛЛ типа Т5 серии HO (High Output Lamps) фирмы PHILIPS) или FQ® (Fluorescent QUINTRON®) фирмы OSRAM) Таблица 1.13

Мощность лампы, Вт	Длина L, мм	Световой поток, лм	Светоотдача, лм/Вт	Яркость, кд/см <sup>2</sup>
24	548	2000	89	2,5
39	848	3500	90	2,8
54	1148	5000	93	2,9
48	1448	5000	102	2,3

Отечественная же промышленность, теряя темп (а в шахматах и жизни это всегда приводит к потере качества, т. е. к материальным потерям и проигрышу в борьбе), все более отстает от конкурентов, продолжая массовый выпуск устаревшей техники — ламп Т12 и Т8, в основном, с электромагнитными ПРА со стандартными потерями. Эти аппараты запрещены к производству в Европе, США (и др. развитых странах) с мая 2002 г. из-за их энергетической неэффективности, и поэтому в основном направляются на экспорт в Россию и страны СНГ.

На сегодняшний день некоторые отечественные производители выпускают лампы Т5.

Это, например, ОАО Лисма-ВНИИИС (Всероссийский научно-исследовательский проектно-конструкторский институт источников света им. А. Н. Лодыгина; адрес в Интернете <http://www.vniis.ru>).



В табл. 1.14 приведены технические характеристики ламп Т5 отечественного производства.

*Высокоэффективные люминесцентные лампы ЛБЦТ в трубке диаметром 16 мм (Т5), основные характеристики, ТУ 3467-004-00217001-2001*

Таблица 1.14

Тип лампы	ЛБЦТ-13В	ЛБЦТ-21В	ЛБЦТ-28В	ЛБЦТ-35В
Мощность лампы, Вт	13	21	28	35
Ток лампы, А	0,07	0,11	0,13	0,17
Номинальный световой поток (при температуре 25 °С), лм	1200	1870	2580	3250
Номинальный световой поток (при температуре 35 °С), лм	1350	2100	2900	3650
Световая отдача, лм/Вт	103	100	104	104
Цветовая температура, К	3500	3500	3500	3500
Общий индекс цветопередачи, не менее	80	80	80	80
Средняя продолжительность горения, ч	16000	16000	16000	16000
Стабильность светового потока после 10 тыс. ч, %	95	95	95	95
Частота выходного напряжения ЭПРА, кГц	40	40	40	40
Тип цоколя	G5	G5	G5	G5
Габаритные размеры, мм, не более:				
диаметр D	16,5	16,5	16,5	16,5
длина L	563,4	863,4	1163,4	1463,4

Чем же объясняется такой «бум» в производстве и применении ламп типа Т5 и чем нам грозит продолжающееся спокойствие в электроламповой отрасли, отсутствие заинтересованности проектных организаций на фоне полной неквалифицированности массы потребителей и заказчиков?

*Основные преимущества новой техники Т5:*

- повышенная световая отдача (до 105 лм/Вт);
- пониженный спад светового потока благодаря использованию между люминофором и стеклом колбы защитной пленки, исключая отрицательное влияние ртути (через 10 тыс. ч наработки световой поток снижается не более чем на 5% и остается далее на этом уровне, по сравнению с 20...30% снижения светового потока для обычных ЛЛ);

- оптимальная световая отдача ламп Т5 имеет место при температуре окружающего воздуха не 22...25 °С, как для обычных ЛЛ, а при 35 °С, т. е. практически не снижается во многих светильниках (максимальные световые потоки ЛЛ при 35 °С определяются умножением приведенных в табл. 1.12 и 1.13 значений для  $T = 25$  °С на коэффициент 1,065);
- при работе только со специальными электронными ПРА потери мощности комплекта «лампа—ПРА» снижаются на 30...35%; при этом ЭПРА имеют схему «cut off», исключающую постоянный подогрев электродов после включения ламп;
- резко сниженное содержание ртути в этих лампах (с 30 до 3 мг);
- уменьшение диаметра трубки на 40% (по сравнению с ЛЛ типа Т8), уменьшение длин ламп Т5 приблизительно на 50 мм по сравнению с близкими по мощности лампами Т8;
- увеличение среднего срока службы ламп до 16 тыс. ч;
- высокий индекс цветопередачи (80...90).

Сравнение характеристик ламп Т8 (стандартных) и Т5 с цветовой температурой 4000 К приведено в табл. 1.15.

Сравнение характеристик ламп типов Т8 и Т5

Таблица 1.15

Характеристики	Т8		Т5	
	Мощность, Вт	18	36	14
Световой поток, лм	1150	2850	1350	3650
Световая отдача, лм/Вт	64	79	96	104
Индекс цветопередачи	60...69		80...90	
Рабочая температура, °С	25		35	
Средний срок службы, ч	9000...13000		16000...20000	
Снижение светового потока через 40 % среднего срока службы, %	20		5	

Следствием указанных преимуществ являются:

- снижение установленной мощности осветительных установок (ОУ) на 20...30% и расхода электроэнергии в них из-за существенного уменьшения коэффициента запаса ОУ и потерь мощности в световых приборах;
- снижение расхода материалов на производство ЛЛ и светильников, которые могут иметь существенно меньшие габариты;
- исключение вредного воздействия на здоровье людей из-за пульсаций светового потока ламп;

- повышение эффективности световых приборов благодаря более высокому КПД и возможности обеспечить требуемые кривые силы света с помощью зеркальной и призматической оптики, значительно лучше работающей с лампами меньшего размера светящего тела;
- повышение комфортности освещения помещений благодаря исключению слепящего действия в любых направлениях с помощью специальных зеркальных экранирующих «трехмерных» решеток;
- улучшение экологии новой техники (резкое снижение возможностей ртутного отравления);
- значительное улучшение экологической обстановки (светильник с двумя лампами мощностью по 35 Вт с ЭПРА выбрасывает в атмосферу за год на 1350 кг меньше двуокиси углерода, чем светильники с электромагнитным ПРА);
- возможности производства встраиваемых светильников с длиной, не превышающей размеры стандартных строительных модулей (благодаря уменьшенной длине лампы T5);
- улучшение эстетических характеристик светильников с новыми лампами (меньшие поперечные размеры и высота), соответствие строительному модулю подвесных потолков.

Большим препятствием для ускоренного внедрения новой техники с использованием ламп T5 служит первоначально ее высокая цена, которая может быть в 4...5 раз выше, чем у существующих светильников с ЛЛ типа T8. Эти приборы (например, потолочные светильники с 4-мя лампами по 18...20 Вт, электромагнитными ПРА и зеркальными экранирующими решетками), выпускаемые миллионами штук в год, упали в цене за последние 5...6 лет с \$90...100 до \$15...20. Естественно, что должен пройти определенный период с начала серийного производства, за который новое дорогое изделие сможет заметно подешеветь.

Понятно, что для технически передовых зарубежных фирм—производителей светильников с ЛЛ переход на выпуск приборов с лампами T5 был более простым, т. к. эти фирмы уже длительное время значительную часть продукции выпускали с ЭПРА (т. е. переход на новый комплект в ценовом отношении был не так ощутим). Понятно также, что зарубежный покупатель — чаще всего хозяин строящегося или реконструируемых объектов — отличается не только более прочным финансовым положением, но и, прежде всего, заинтересованностью в комплексном снижении затрат на осветительную установку, определяемых на 70...75% эксплуатационными расходами. И этим он, как правило, принципиально отличается от отечественных покупателей, ведущих строительство и монтаж и не занимающихся эксплуатацией ОУ, в связи с чем заинтересованных только в снижении капитальных затрат.

Тем не менее, уже сегодня в соответствии с выполненными оценочными расчетами, даже с начальными высокими ценами светодиодников срок окупаемости новой техники («pay back period») составляет 4...5 лет для разных ОУ. А для элитных установок в зданиях банков, супермаркетов, выставок незначительное увеличение стоимости строительства или реконструкции этих зданий за счет применения светотехнических изделий XXI века не должно вызвать затруднений. Преимущества ЛЛ Т5 постепенно становятся понятны и рядовому потребителю, и он начинает обращать на них внимание. Движение вперед, хоть и малыми шагами, — это движение, а не застой.

## 1.5. Специальные люминесцентные лампы

Свет — это не только освещение. И убедительное подтверждение этому — широкий ассортимент ЛЛ специального назначения для технического применения, научных и исследовательских работ, медицины, косметики, растениеводства, аквариумов.

Специальные ЛЛ имеют особый тип люминофора (а в ряде случаев выполняются совсем без люминофора) и особые стеклянные (или кварцевые) трубки, позволяющие выделить из спектра определенные линии или полосы заданной ширины в зависимости от назначения лампы.

Цветные лампы красного, зеленого, желтого, синего цвета могут использоваться в декоративных целях для светового оформления (рис. 1.9).

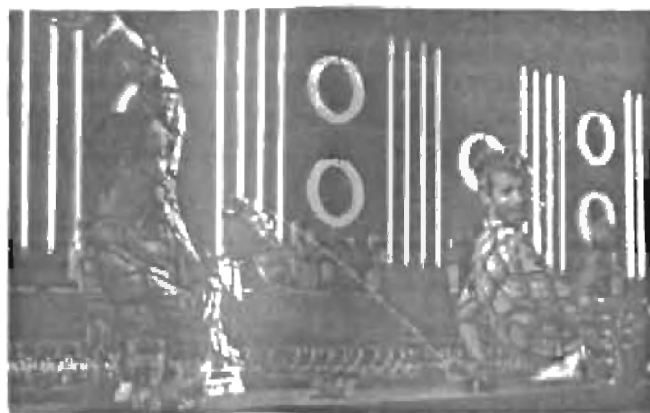


Рис. 1.9. Применение цветных ЛЛ для декоративного оформления

Ультрафиолетовые лампы — лампы, излучающие в ультрафиолетовом диапазоне, который делится на следующие поддиапазоны (рис. 1.10): UV-A — длина волны 315...400 нм, UV-B — длина волны 280...315 нм, UV-C — длина волны 254 нм.

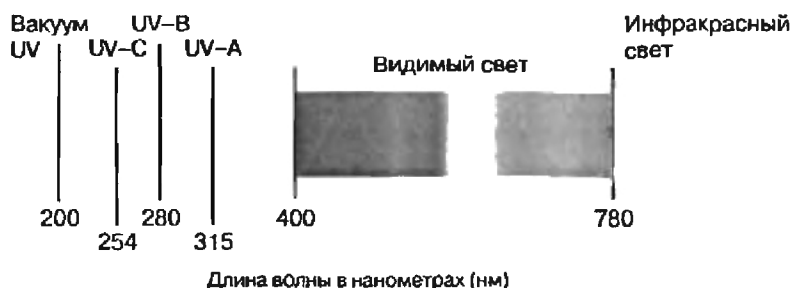


Рис. 1.10. Поддиапазоны ультрафиолетового излучения

Бактерицидные лампы (UV-C поддиапазон, длина волны излучения 254 нм) — это разрядные лампы низкого давления без люминофора (рис. 1.11). Чтобы ультрафиолетовое излучение могло выйти из лампы, при ее изготовлении применяется увиолевое (или кварцевое) стекло. Увиолевое стекло отличается от обычного малым содержанием железа. Бактерицидные лампы применяются для стерилизации и дезинфекции воздуха, воды и поверхностей в пищевой и фармацевтической промышленности, в больничных помещениях, для стирания информации в ППЗУ.

OSRAM свою серию бактерицидных ламп называет HNS<sup>®</sup> Germicidal Lamps, PHILIPS — TUV Germicidal Lamps.

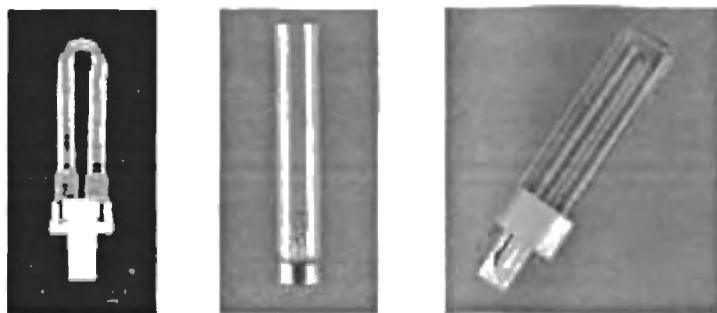


Рис. 1.11. Внешний вид бактерицидных ламп

Среди отечественных производителей, которые специализируются на выпуске УФ обеззараживателей воздуха и поверхностей, следует отметить ОАО «НИИ Зсшит» (адрес в Интернете [http://www.znt.ru/Products/19\\_r.htm](http://www.znt.ru/Products/19_r.htm)).

### Ультрафиолетовые лампы Blacklight Blue Lamps (UV-A поддиапазон, длина волны излучения 315...400 нм)

Эти лампы (рис. 1.12), как и бактерицидные, изготавливают из увиолевого (эритемного) стекла, но имеют специальный люминофор.

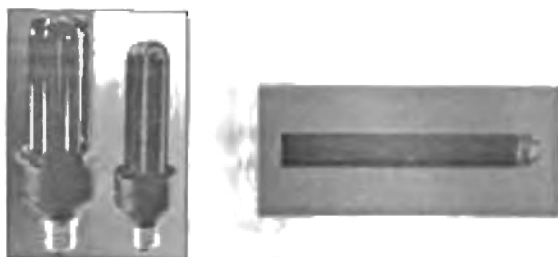


Рис. 1.12. Внешний вид ламп Blacklight Blue (с колбами из черного стекла)

Область применения этих ЛЛ довольно широка.

**Механика:**

- исследования материалов с помощью люминесценции, например выявление тончайших трещин вала двигателя.

**Текстильная промышленность:**

- анализ материалов, например химического состава и видов примесей в шерстяных материалах;
- распознавание невидимых загрязнений и возможных пятен после чистки.

**Пищевая промышленность:**

- обнаружение фальсифицированных продуктов питания;
- обнаружение мест гниения во фруктах (особенно в апельсинах), мясе, рыбе и т. д.

**Криминалистика:**

- выявление фальшивок среди банкнот или чек и документов;
- выявление внесенных в документы изменений;
- обнаружение удаленных пятен крови;
- идентификация подделок картин и т. д.

Почта:

- рациональная обработка корреспонденции с помощью автоматических штемпельных машин для конвертов;
- проверка подлинности почтовых марок.

Создание световых эффектов:

- на сценах драматических и музыкальных театров, в кабаре, варьете, дискотеках, барах, кафе.

Прочие области применения:

- реклама и оформление витрин;
- сельское хозяйство (например, проверка посевного материала);
- минералогия, проверка драгоценных камней;
- искусствоведение;
- палеография;
- диагностика и т. д.

### **Загарные ультрафиолетовые лампы (UV-A поддиапазон, длина волны излучения 315...400 нм)**

Применяются для компенсации ультрафиолетовой недостаточности, в устройствах создания искусственного загара кожи, соляриях, фотохимических процессах, фототерапии, для лечения заболеваний кожи, в фотобиологии (рис. 1.13).

OSRAM называет серию ламп для загара EVERSUN®. PHILIPS — CLEO (CLEO Professional, CLEO Performance, CLEO Effect, CLEO Compact).

Несколько слов о загаре. Однозначно говорить об исключительной пользе или вреде солнца не приходится. Все хорошо в меру: это касается и солнечных лучей. Положительное действие ультрафиолета заключается в синтезе, а точнее — переходе в активную фракцию витамина D.



Рис. 1.13. Внешний вид лампы PHILIPS для загара

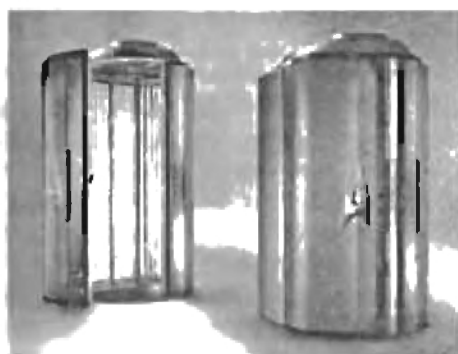
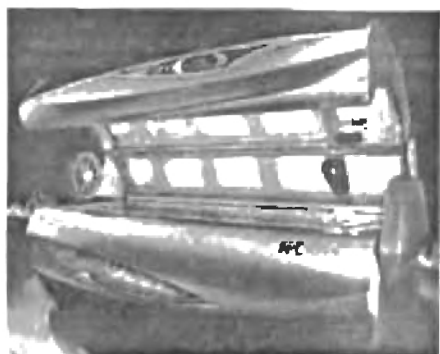
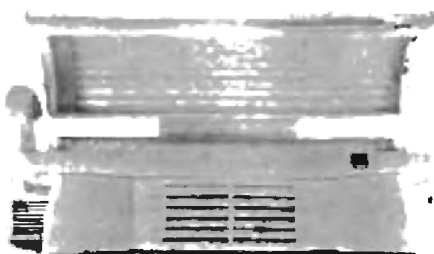
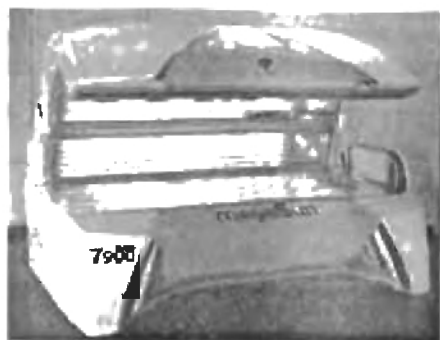


Рис. 1.14. Внешний вид устройства для создания искусственного загара кожи, соляриев



Воздействие ультрафиолетовых лучей солнечного света, как и искусственных лучей солярия, имеют свои неоспоримые плюсы. Ультрафиолет в небольших дозах вызывает мгновенное расширение сосудов, обеспечивая кислородом, укрепляет систему кровообращения, улучшает самочувствие. Шлаки при обмене веществ быстрее разлагаются, а антигены стимулируют усиленное формирование защитных сил. Загар необходим при лечении таких заболеваний, как псориаз. Под воздействием ультрафиолетовых лучей исчезают на ногах сине-фиолетовые разводы — так называемая сосудистая сетка. Использование солярия способствует образованию витамина D, который играет важную роль в обмене веществ для поддержания в хорошем состоянии костей и зубов. При облучении кожи солнечным светом или лампой содержащееся в коже жироподобное вещество (предшественник витамина D — провитамин) превращается в витамин D.

Витамин D играет большую роль в обмене солей кальция и фосфора, которые имеют большое значение для нормального развития и состояния костей, принимает участие в деятельности желез внутренней секреции. Его применяют при лечении переломов костей, костного туберкулеза, туберкулеза кожи (волчанка). Следует отметить, что этот витамин особенно необходим осенью, зимой, ранней весной в условиях недостаточного солнечного облучения.

Хорошо загоревшая кожа, как следствие косметического воздействия солнечного света при правильной дозировке, отвечает нашему сегодняшнему идеалу красоты и является частью современного восприятия жизни (т. е. представляет эстетическую ценность). Согласитесь, что у большинства людей загорелая кожа ассоциируется с хорошим здоровьем.

Однако есть и ряд отрицательных сторон действия ультрафиолета. С-лучи, входящие в спектр ультрафиолета, вызывают в клетках кожи мутации и могут приводить к возникновению рака кожи и меланомы. К счастью, эти лучи задерживаются озоновым слоем Земли. К несчастью для жителей Австралии, ЮАР, озоновый слой над их странами интенсивно истончается, отчего заболеваемость раком кожи и меланомой стремительно растет.

Лучи А действуют поверхностно. Они окисляют меланин, находящийся в клетках кожи, который после этого становится темным, обуславливая появление загара. Лучи В опасны в большей степени, так как могут вызывать мутации в клетках кожи. Они, действуя на меланоциты — клетки, вырабатывающие пигмент, — стимулируют синтез меланина.

Особенно вредно избыточное пребывание под солнцем для детей. Кожа у детей обладает значительно меньшими защитными свойствами, в связи с чем часто возникают серьезные ожоги. Возможно, это является объяснением того факта, что у людей, родители которых любили остав-

лять их в детстве на солнце, значительно повышает риск возникновения меланомы и рака кожи. Еще одним отрицательным действием ультрафиолета является преждевременное старение, называемое фотостарением. Воздействуя на эластин и коллаген, ультрафиолет приводит к их разрушению.

Таким образом, еще раз повторюсь, все, в том числе и загар, хорошо в меру. Легкий загар стимулирует ряд процессов — и не вызывает побочных эффектов.

Основным преимуществом солярия перед солнцем является точная дозировка в организме ультрафиолета. Находясь на солнце, вы никогда не знаете, сколько ультрафиолета получила ваша кожа. Потому так часто и возникают ожоги кожи, которые многие считают обыкновенной стадией загара. К тому же точная дозировка снижает риск возникновения рака кожи и меланомы.

В отличие от солнца, где присутствуют все виды лучей, в том числе и С (хоть и в небольших количествах), лампы солярия (рис. 1.14) излучают только А и В лучи. При этом можно регулировать их действие, тем самым достигая необходимого результата. Так, с помощью воздействия только А лучей можно получить быстрый и легкий загар, а с помощью В лучей можно получить долговременный эффект. Комбинируя воздействие, можно достичь оптимального для каждого человека результата. При пользовании солярием следует помнить: прием определенных лекарств повышает светочувствительность кожи и может вызвать солнечную аллергию. Продолжительность курса облучения и периодичность рассчитываются индивидуально.

Также следует позаботиться о защите глаз от ультрафиолета специальными очками (использование дешевых пластмассовых «солнцезащитных» очков недопустимо). Решив посещать солярий (или изготовить его лично), проконсультируйтесь со специалистами и врачом.

### Некоторые серии ламп специального назначения

Рассмотрим некоторые серии ламп специального назначения. Серия ЛЛ OSRAM FLUORA® имеют особое излучение с преобладающей составляющей синего и красного цвета, аналогичное излучению, способствующему фотохимическим процессам. Благодаря такому излучению заметно ускоряется рост растений. Эти лампы предназначены для освещения растений и аквариумов. Лампы этой серии выполнены на основе трубки диаметром 26 мм. Технические характеристики этих люминесцентных ламп приведены в табл. 1.16.

Технические характеристики ЛЛ OSRAM FLUORA®

Таблица 1.16

Тип	Мощность, Вт	Цветность	Световой поток, лм	Диаметр d, мм	Длина, мм
L 15W / 77	15	FLUORA	400	26	438
L 18W / 77	18	FLUORA	550	26	590
L 30W / 77	30	FLUORA	1000	26	895
L 36W / 77	36	FLUORA	1400	26	1200
L 58W / 77	58	FLUORA	2250	26	1500

PHILIPS производит серию специальных ламп для аквариумов — Aquarelle (Акварель). Специальный состав излучения этой люминесцентной лампы оптимально подходит для передачи красоты рыб и растений в пресноводном аквариуме.

Свет ламп Акварель по спектральному составу очень близок к естественному, что обеспечивает оптимальные условия для фотосинтеза и образования хлорофила. Дополнительным преимуществом ламп Акварель является исключительно высокая энергетическая плотность излучения в синей части спектра. Хорошо сбалансированный спектр излучения стимулирует образование кислорода, оказывает благотворное воздействие на аквариумные растения и рыбу и обеспечивает хорошую цветопередачу.

Лампы предназначены для использования в сети переменного тока со стандартными или высокочастотными ПРА.

В табл. 1.17 приведены габаритные размеры ламп этой серии, а в табл. 1.18 — их технические характеристики.

Габаритные размеры ламп PHILIPS серии Aquarelle

Таблица 1.17

Тип	A max	B min	B max	C max	D max
Цоколь G5					
TL-D 8W / 89	288,3	293,0	295,4	302,5	16,0
Цоколь G13					
TL-D 14W / 89	361,2	365,9	368,3	375,4	28,0
TL-D 15W / 89	437,4	442,1	444,5	451,6	28,0
TL-D 18W / 89	589,8	594,5	596,9	604,0	28,0
TL-D 25W / 89	740,0	744,7	747,1	754,2	28,0
TL-D 30W / 89	894,6	899,3	901,7	908,8	28,0
TL-D 36W / 89	1169,4	1204,1	1206,5	1213,6	28,0
TL-D 38W / 89	1047,0	1051,7	1054,1	1061,2	28,0
TL-D 58W / 89	1500,0	1504,7	1507,1	1514,2	28,0

Технические характеристики ламп PHILIPS серии Aquarelle

Таблица 1.18

Тип	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Индекс цветопередачи	Цветовая температура, К	Световой поток, лм	Полезный срок службы, ч	Вес нетто, г
TL-D 8W / 89	G5	56	0,15	70	10000	340	8000	29
TL-D 14W / 89	G13	45	0,38	70	10000	600	8000	66
TL-D 15W / 89	G13	51	0,34	70	10000	750	8000	76
TL-D 18W / 89	G13	59	0,36	70	10000	1020	8000	100
TL-D 25W / 89	G13	82	0,38	70	10000	1440	8000	85
TL-D 30W / 89	G13	98	0,36	70	10000	1820	8000	145
TL-D 36W / 89	G13	103	0,44	70	10000	2450	8000	186
TL-D 38W / 89	G13	104	0,43	70	10000	2380	8000	162
TL-D 58W / 89	G13	111	0,67	70	10000	3800	8000	233

В зависимости от индивидуальных предпочтений лампы Аquarelle могут использоваться вместе с лампами PHILIPS TL-D / 80 New Generation или TL-D / 90 De Luxe для создания различных зрительных впечатлений без ухудшения биологических свойств излучения ламп Аquarelle.

Цветные лампы красного, зеленого, желтого, синего цвета, предназначенные для светового оформления в декоративных целях, имеются в номенклатуре всех ведущих производителей ЛЛ. В табл. 1.19 приведены основные характеристики цветных ламп OSRAM, а в табл. 1.20, 1.21 — цветных ламп PHILIPS.

Характеристики цветных люминесцентных ламп OSRAM

Таблица 1.19

Тип	Мощность, Вт	Цвет свечения	Световой поток, лм	Диаметр d, мм	Длина, мм
L 18W / 60	18	Красный	900	26	590
L 18W / 62	18	Желтый	980	26	590
L 18W / 66	18	Зеленый	1800	26	590
L 18W / 67	18	Синий	400	26	590
L 30W / 67	30	Синий	600	26	895
L 36W / 60	36	Красный	2400	26	1200
L 36W / 62	36	Желтый	2300	26	1200
L 36W / 66	36	Зеленый	4700	26	1200
L 36W / 67	36	Синий	1000	26	1200

Продолжение табл. 1.19

Тип	Мощность, Вт	Цвет свечения	Световой поток, лм	Диаметр d, мм	Длина, мм
L 58W / 60	58	Красный	3800	26	1500
L 58W / 62	58	Желтый	3700	26	1500
L 58W / 66	58	Зеленый	7300	26	1500
L 58W / 67	58	Синий	1600	26	1500

Габаритные размеры цветных люминесцентных ламп PHILIPS

Таблица 1.20

Тип	Габаритные размеры, мм			
	A max	B min	B max	C max
TL-D 18W	589,8	594,5	596,9	604,0
TL-D 36W	1199,4	1204,1	1206,5	1213,6

Характеристики цветных люминесцентных ламп PHILIPS

Таблица 1.21

Тип	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Спад потока после 5000 ч, %	Вес, г
Красный						
TL-D 18W / 15	G13	59	0,36	25	90	100
TL-D 36W / 15	G13	103	0,44	60	90	186
Желтый						
TL-D 18W / 16	G13	59	0,36	660	75	100
TL-D 36W / 16	G13	103	0,44	1580	75	186
Зеленый						
TL-D 18W / 17	G13	59	0,36	1300	60	100
TL-D 36W / 17	G13	103	0,44	3140	60	186
Синий						
TL-D 18W / 18	G13	59	0,36	400	70	100
TL-D 36W / 18	G13	103	0,44	970	70	186

### Люминесцентные лампы с колбами из черного стекла

Ртутные разрядные лампы низкого давления. Внутренняя поверхность колбы покрыта люминофором, испускающим длинноволновое УФ излучение (UV-A диапазон, длины волн от 300 до 400 нм), возбуждающее свечение люминесцирующих материалов. Черная или темно-синяя стеклянная колба пропускает УФ излучение. Излучение в видимом диапазоне сведено к минимуму, чтобы оно не мешало ультрафиолетовому излучению.

## Области применения:

- контроль и анализ в текстильной и химической промышленности;
- археология;
- банковское дело;
- криминалистика;
- пищевая промышленность;
- медицина;
- минералогия;
- филателия;
- специальные эффекты в ночных клубах, дискотеках и театрах;
- подсветка вывесок.

Основные характеристики ЛЛ OSRAM с черной (темно-синей) колбой приведены в табл. 1.22, аналогичных ламп PHILIPS — в табл. 1.23, 1.24.

Характеристики ЛЛ OSRAM с черной колбой

Таблица 1.22

Тип лампы	Мощность, Вт	Ток лампы, А	Диаметр, мм	Длина, мм
L 18W /73	18	0,37	26	590
L 36W /73	36	0,43	26	1200

Интенсивность облучения, измеренная на расстоянии 1 м от центра лампы, составляет у ламп L 18W /73 около 0,5 Вт/м<sup>2</sup>, а у ламп L 36W /73 — около 1 Вт/м<sup>2</sup>.

Габаритные размеры ЛЛ PHILIPS Blacklight Blue с черной колбой

Таблица 1.23

Тип	Габаритные размеры, мм				
	A max	B min	B max	C max	D max
Цоколь G5					
TL 4W	135,9	140,6	143,0	1501	16,0
TL 6W	212,1	216,8	219,2	226,3	16,0
TL 8W	288,3	293,0	295,4	302,5	16,0
Цоколь G13					
TL-D 15W	437,4	442,1	444,5	451,6	28,0
TL-D 18W	589,8	594,5	596,9	604,0	28,0
TL-D 30W	894,6	899,3	901,7	908,8	28,0
TL-D 36W	1199,4	1204,1	1206,5	1213,6	28,0

Тип	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Мощность лампы, Вт	Излучение UV-A, Вт	Спад потока после 2000 ч, %	Вес нетто, г
TL 4W /08	G5	29	0,17	4	0,5	25	16
TL 6W /08	G5	42	0,16	6	0,9	25	33
TL 8W /08	G5	56	0,15	8	1,2	25	44
TL-D 15W /08	G13	51	0,34	15	3,1	25	76
TL-D18W /08	G13	59	0,36	18	3,5	25	122
TL-D 30W /08	G13	98	0,36	30	6,0	25	181
TL-D 36W /08	G13	103	0,44	36	8,0	25	232

Лампы черного света TL (-D) /08 выполнены в линейных трубчатых колбах и работают в сети переменного тока с ПРА и стартером. Кроме описанных выше ламп, лампа PL-S 9W /08 состоит из двух спаянных вместе люминесцентных трубок; лампа PL-S 9W 2P дополнительно содержит встроенный в цоколь стартер, обеспечивающий быстрое зажигание лампы.

### Люминесцентные лампы для загара

**Предупреждение.** Ультрафиолетовое излучение, подобно солнечному излучению, может причинить ущерб глазам и коже в случае, если не приняты соответствующие меры безопасности. При использовании любого облучателя или системы для загара необходимо строго следовать инструкциям изготовителя оборудования. После замены ламп в облучателях для загара следует задавать новую длительность облучения в соответствии с инструкциями изготовителя оборудования для нового типа лампы.

Лампы OSRAM EVERESUN® разработаны для применения в соляриях и косметических салонах. В зависимости от желаемого эффекта можно использовать лампы трех исполнений.

- Лампы EVERESUN® 78R с практически чистым ультрафиолетовым излучением типа А (длина волны выше 350 нм). При облучении в этом диапазоне для нормальной кожи опасности получения ожога практически не существует. При достаточно продолжительном облучении вследствие прямой пигментации кожи эффект загара появляется вскоре после первого сеанса облучения.
- Лампы EVERESUN® 79 и 79R с высокой мощностью ультрафиолетового излучения типа А для прямой пигментации и с небольшой

составляющей ультрафиолетового излучения типа В для нового образования пигмента.

Благодаря минимальному значению ультрафиолетовой составляющей типа В риск получения солнечного ожога минимален.

- Лампы EVERESUN® SUPER с действием, аналогичным действию солнечного света, благодаря значительной составляющей ультрафиолетового излучения типа А и гармоничной составляющей биологически эффективного излучения типа В. После регулярного принятия процедур облучения в результате длительной пигментации кожи образуется свежий и стойкий отпускной загар при высокой степени защиты кожи от облучения. Лампа EVERESUN® SUPER позволяет проводить облучение с целью создания эффекта натурального загара в кратчайшие сроки и поэтому рекомендуется для профессионального применения.

Характеристики ультрафиолетовых люминесцентных ламп OSRAM EVERESUN® с излучением типа А для соляриев и косметических салонов приведены в табл. 1.25.

Характеристики ультрафиолетовых люминесцентных ламп OSRAM EVERESUN®

Таблица 1.25

Тип	Мощность лампы, Вт	УФ-излучение типа А (315...400 нм), Вт	УФ-излучение типа В (280...315 нм), Вт	Коэффициент безопасности	Длина, мм	Диаметр, мм
L 100W /78R	100	26	0,02	> 50	1760	38
L 40W /79R	40	8	0,05	4	590	38
L 80W /79	80	21	0,15	4	1500	38
L 80W /79R	80	18	0,13	4	1500	38
L 100W /79	100	27	0,19	4	1760	38
L 100W /79R	100	23	0,16	4	1760	38
L 100W /79 SUPER	100	23	0,32	0,8	1760	38

Примечания. R — рефлекторная лампа. Коэффициент безопасности — отношение пороговых времен зритель к прямой пигментации. Чем выше это значение, тем меньше риск солнечного ожога.



**Внимание.**

Рациональное применение этих облучателей гарантируется только в специальных, предназначенных для них установках. Поэтому монтаж облучателей в установки должен проводиться только изготовителем установок.

Лампы PHILIPS CLEO Effect являются первыми представителями нового поколения ламп для загара. В отличие от других ламп CLEO, лампы CLEO Effect выполнены в трубках T8 (диаметр 26 мм). Лампы дают длинноволновое УФ излучение в диапазоне 300...400 нм. Соотношение излучений в диапазонах UV-B / UV-A составляет 1% (UV-B диапазон 280...315 нм) или 2% (UV-B диапазон 280...320 нм). Достоинством этих ламп является равенство мощностей эритемных излучений в диапазонах до 320 нм и свыше 320 нм.

Эти лампы создают максимальный уровень облучаемости в диапазонах, предписываемых документом IEC 335-2-27.

Области применения — установки для загара внутри помещений.

В табл. 1.26 приведены габаритные размеры лампы PHILIPS серии CLEO Effect для загара, в табл. 1.27 — основные характеристики.

Габаритные размеры лампы PHILIPS CLEO Effect

Таблица 1.26

Тип	Размеры, мм			
	A max	B min	B max	C max.
CLEO Effect 70W (-R)	1500,0	1504,7	1507,1	1514,2
CLEO Effect 90W (-R)	1763,8	1768,5	1770,9	1778,0

Характеристики лампы PHILIPS CLEO Effect

Таблица 1.27

Тип	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Излучение UV-A, Вт	Эритемное излучение, мВт, с длиной волны		Спад потока после 500 час, %	Вес нетто, г
					менее 320 нм	более 320 нм		
CLEO Effect 70W	G13	105	0,85	18	14	14	15	233
CLEO Effect 70W-R	G13	105	0,85	16	12	12	20	233
CLEO Effect 90W	G13	114	1,0	23	17	17	15	272
CLEO Effect 90W-R	G13	114	1,0	21	15	15	20	272

Ртутные люминесцентные лампы низкого давления PHILIPS CLEO Performance, дающие длинноволновое УФ излучение в диапазоне 310...400 нм, предназначены для загара и других применений. Отношение излучений в диапазонах UV-B / UV-A составляет 0,7% (UV-B диапазон 280...315 нм) либо 1,4% (UV-B диапазон 280...320 нм).

Области применения:

- косметический загар;
- фотохимические процессы.

Все лампы CLEO Performance имеют цоколи золотистого цвета. Рефлекторные (-R) лампы имеют внутренний отражатель с поперечным углом охвата 200°. Лампы с символом P в маркировке имеют излучение с розовым оттенком.

Габаритные размеры ламп CLEO Performance приведены в табл. 1.28, а в табл. 1.29 приведены основные характеристики этих ламп.

Габаритные размеры ламп CLEO Performance

Таблица 1.28

Тип	Габаритные размеры, мм			
	A max	B min	B max	C max
CLEO Performance 40W (-R)	589,8	594,5	596,9	604,0
CLEO Performance (P) 80W (-R)	1500,0	1504,7	1507,1	1514,2
CLEO Performance (P) 100W (-R)	1763,8	1768,5	1770,9	1778,0
CLEO Performance 140W-R	1500,0	1504,7	1507,1	1514,2
CLEO Performance 160W-R	1763,8	1768,5	1770,9	1778,0

Характеристики ламп CLEO Performance

Таблица 1.29

Тип	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Излучение UV-A, Вт	Зритимое излучение, мВт, с длиной волны		Спад потока после 500 ч, %
					менее 320 нм	более 320 нм	
CLEO Performance 40W	G13	49	0,86	7,4	4,04	5,58	10
CLEO Performance 40W-R	G13	49	0,86	6,5	3,55	4,90	20
CLEO Performance 80W	G13	110	0,83	21,0	11,47	15,83	10
CLEO Performance 80W-R	G13	110	0,83	18,5	10,10	13,95	20

Продолжение табл. 1.29

Тип	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Излучение UV-A, Вт	Эритемное излучение, мВт, с длиной волны		Спад потока после 500 ч, %
					менее 320 нм	более 320 нм	
CLEO Performance P 80W	G13	110	0,83	20,0	10,92	15,08	10
CLEO Performance	G13	110	0,83	18,0	9,83	13,57	20
CLEO Performance 100W	G13	122	0,97	27,0	14,74	20,36	15
CLEO Performance 100W-R	G13	122	0,97	25,0	13,65	18,85	20
CLEO Performance P 100W	G13	122	0,97	26,0	14,20	19,60	15
CLEO Performance P 100W-R	G13	122	0,97	23,0	12,56	17,34	20
CLEO Performance 140W-R	G13	118	1,46	30,0	19,00	21,47	15
CLEO Performance 160W-R	G13	116	1,61	35,0	22,20	25,00	15

Ртутные люминесцентные лампы низкого давления PHILIPS CLEO Professional, дающие длинноволновое УФ излучение в диапазоне 300...400 нм, предназначены для загара и других применений.

Все лампы CLEO Professional имеют цоколи золотистого цвета.

Соотношение излучений в диапазонах UV-B / UV-A составляет 1,4% (UV-B диапазон: 280...315 нм) либо 2,6% (UV-B диапазон: 280...320 нм). Лампы CLEO Professional-R имеют внутренний отражатель с поперечным углом охвата 200°. Лампы CLEO Professional-S-R имеют отношение UV-B / UV-A, равное 1,6%.

Для зажигания ламп загара мощностью 80 Вт и 100 Вт рекомендуется применять стартер типа S11. Для ламп мощностью 140 Вт или 160 Вт рекомендуется применять стартер S12.

Область применения — профессиональные установки для косметического загара.

Габаритные размеры ламп CLEO Professional приведены в табл. 1.30, в табл. 1.31 приведены основные характеристики этих ламп.

## Габаритные размеры ламп CLEO Professional

Таблица 1.30

Тип	Габаритные размеры, мм			
	A max	B min	B max	C max
CLEO Professional 80W (-R)	1500,0	1504,7	1507,1	1514,2
CLEO Professional 100W (-R)	1763,8	1768,5	1770,9	1778,0
CLEO Professional 140W (-R) (S-R)	1500,0	1504,7	1507,1	1454,2
CLEO Professional 160W (-R) (S-R)	1763,0	1768,5	1770,9	1778,0

## Характеристики ламп CLEO Professional

Таблица 1.31

Тип лампы	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Излучение UV-A, Вт	Эритемное излучение, мВт, с длиной волны		Спад потока после 500 ч, %	Вес нетто, г
					менее 320 нм	более 320 нм		
CLEO Professional 80W	G13	110	0,83	18	32,76	14,04	10	360
CLEO Professional 80W-R	G13	110	0,83	16	29,12	12,48	20	360
CLEO Professional 100W	G13	122	0,97	25	45,50	19,50	15	410
CLEO Professional 100W-R	G13	122	0,97	21	38,22	16,38	20	410
CLEO Professional 140W	G13	118	1,46	30	54,60	23,40	25	360
CLEO Professional 140W-R	G13	118	1,46	28	50,96	21,84	25	360
CLEO Professional 140W-S-R	G13	118	1,46	33	51,61	24,28	15	410
CLEO Professional 160W	G13	116	1,61	34	61,88	26,52	25	410
CLEO Professional 160W-R	G13	116	1,61	31	56,42	24,18	25	410
CLEO Professional 160W-S-R	G13	116	1,61	37	57,87	27,23	15	410

### Лампы для стерилизации, озонирования и бактерицидные лампы

Особенности и технические преимущества:

- высокая интенсивность ультрафиолетового излучения типа С;
- большой срок службы;
- цоколь как у ламп общего назначения или люминесцентных ламп.

Применения:

- стерилизация воды (питьевой воды, воды для плавательных бассейнов, сточных вод);
- стерилизация и дезодорирование воздуха в кондиционерах, больницах, складских помещениях;
- стерилизация поверхностей в фармацевтической и упаковочной промышленности;
- стирание информации с современных микроэлектронных блоков памяти (ППЗУ).

Габаритные размеры бактерицидных ламп PHILIPS серии TUV (Special Fluorescent Lamps Disinfection) приведены в табл. 1.32, в табл. 1.33 приведены их основные характеристики.

Габаритные размеры ламп PHILIPS серия TUV

Таблица 1.32

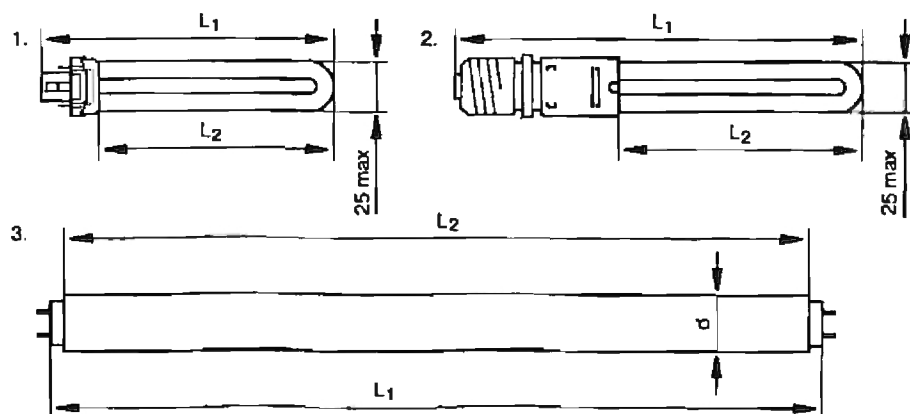
Тип лампы	Габаритные размеры, мм				
	A max	B min	B max	C max	D max
Цоколь G5					
TUV 4W	135,9	140,6	143,0	150,1	16,0
TUV 6W	212,1	216,8	219,2	226,3	16,0
TUV 8W	288,3	293,0	295,4	302,5	16,0
TUV 11W	212,1	216,8	219,2	226,3	16,0
TUV 16W	288,3	293,0	295,4	302,5	16,0
Цоколь G13					
TUV 10W	331,5	336,2	338,6	345,7	28,0
TUV 15W	437,4	442,1	444,5	451,6	28,0
TUV 25W	437,4	442,1	444,5	451,6	28,0
TUV 30W	894,6	899,3	901,7	908,8	28,0
TUV 36W	1199,4	1204,1	1206,5	1213,6	28,0
TUV 55W HO	894,6	899,3	901,7	908,8	28,0
TUV 75W HO	1199,4	1204,1	1206,5	1213,6	28,0
TUV 115W VHO (RVHO)	1199,4	1204,1	1206,5	1213,6	40,5

## Характеристики ламп PHILIPS серия TUV

Таблица 1.33

Тип лампы	Цоколь	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Мощность UV-C излучения, Вт	Срок службы, час.	Спад потока после 5000 ч, %	Вес нетто, г
TUV 4W	G5	29	0,17	0,9	8000	15	16
TUV 6W	G5	42	0,16	1,5	8000	15	22
TUV 8W	G5	56	0,15	2,1	8000	15	29
TUV 10W	G13	46	0,23	2,2	8000	15	62
TUV 11W	G5	37	0,33	2,2	8000	15	22
TUV 15W	G13	51	0,34	4,7	8000	15	75
TUV 16W	G5	46	0,35	3,2	8000	15	29
TUV 25W	G13	46	0,60	7,0	8000	15	75
TUV 30W	G13	100	0,37	11,2	8000	15	140
TUV 36W	G13	103	0,44	15,3	8000	15	186
TUV 55W HO	G13	83	0,77	18,0	8000	15	140
TUV 75W HO	G13	108	0,84	26,0	8000	15	140
TUV 115W RVHO	G13	92	1,50	33,5	5000	20	293
TUV 115W VHO	G13	92	1,50	38,8	5000	15	290

В табл. 1.34 представлены характеристики ламп OSRAM для стерилизации и озонирования, серия HNS®.



Характеристики ламп HNS® OSRAM для стерилизации и озонирования Таблица 1.34

Тип	Ток лампы, А	Мощность, Вт	Энергетическая освещенность, мкВт/см <sup>2</sup>	Мощность УФ-излучения, Вт	Диаметр d, мм	Размер L <sub>1</sub> , мм	Размер L <sub>2</sub> , мм	Цоколь
HNS 65W OFR	0,15	5	18	1,5	10	122	81	G23
HNS 10W OZ	0,17	10	50	4	10	221	142	E27
HNS 10W /U OFR	0,17	10	50	4	10	221	142	E27
HNS 20W /U OZ	0,5	20	80	7	10	221	142	E27
HNS 15W OFR	0,33	15	40	3,5	26	438	378	G13
HNS 30W OFR	0,37	30	90	8	26	895	835	G13
HNS 55W OFR	0,93	55	170	15	26	895	835	G13

Примечание. OZ — облучатели для стерилизации и озонирования,  
OFR — облучатели для стерилизации без образования озона.

## 1.6. Компактные люминесцентные лампы

Долгое время широкое использование стандартных ЛЛ в домашних условиях (для освещения жилья) было ограничено из-за собственных габаритных размеров ЛЛ. В начале 80-х годов прошлого столетия стали появляться многочисленные типы компактных люминесцентных ламп (сокращенно КЛЛ, в английском варианте CFL — Compact Fluorescent Lamps) мощностью от 5 до 25 Вт со световыми отдачами от 30 до 60 лм/Вт и сроками службы от 5 до 10 тыс. ч.

Разработка КЛЛ стала возможна только в результате создания высокостабильных узкополосных люминофоров, активированных редкоземельными элементами, которые могут работать при более высоких поверхностных плотностях облучения, чем в стандартных ЛЛ. За счет этого удалось значительно уменьшить диаметр разрядной трубки. Что касается сокращения габаритов ламп в длину, то эта задача была решена путем разделения трубок на несколько более коротких участков, расположенных параллельно и соединенных между собой либо изогнутыми участками трубки, либо сваренными стеклянными патрубками.

КЛЛ делятся на три подгруппы:

- двухвыводные (штырьковые), имеющие встроенный в специальный цоколь G23 стартер с конденсатором и предназначенные для работы с внешним электромагнитным ПРА;

- четырехвыводные (штырьковые) универсальные, работающие совместно с внешним электронным или электромагнитным ПРА;
- компактные люминесцентные лампы с интегрированным (встроенным) в цоколь электронным балластом (ЭПРА). Имеют стандартный резьбовой цоколь E27 (или E14).

Цена КЛЛ с интегрированным (встроенным) в цоколь электронным балластом (ЭПРА) известных производителей (OSRAM, PHILIPS, GE Lighting), выпускающих действительно качественную продукцию, составляет в среднем \$5...10.

И здесь, конечно, уместен вопрос: «Покупать или нет?».

На этот вопрос человек, который не в курсе дела, ответит однозначно: «Конечно, нет, раз это так дорого!». Действительно, покупать вместо привычной с детства простой лампы накаливания, стоящей в любом магазине 4...5 руб., неизвестную лампу, цена которой в 25...30 раз выше, кажется абсолютно нелогичным. Однако это только на первый, причем самый неквалифицированный, взгляд.

В действительности все обстоит как раз наоборот.

Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) — самый современный продукт светотехнической отрасли — сохраняют все основные достоинства люминесцентных ламп, уже ставших традиционными, но лишены их недостатков. Новые технологические возможности позволили значительно уменьшить диаметр трубки (до 7 мм) и, изогнув ее один раз (в виде буквы П), дважды, трижды или закрутив ее в спираль, получить

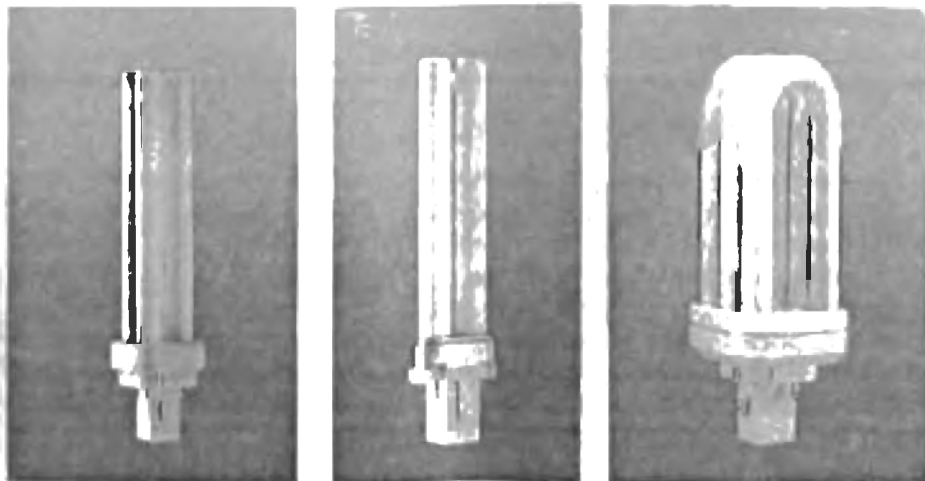
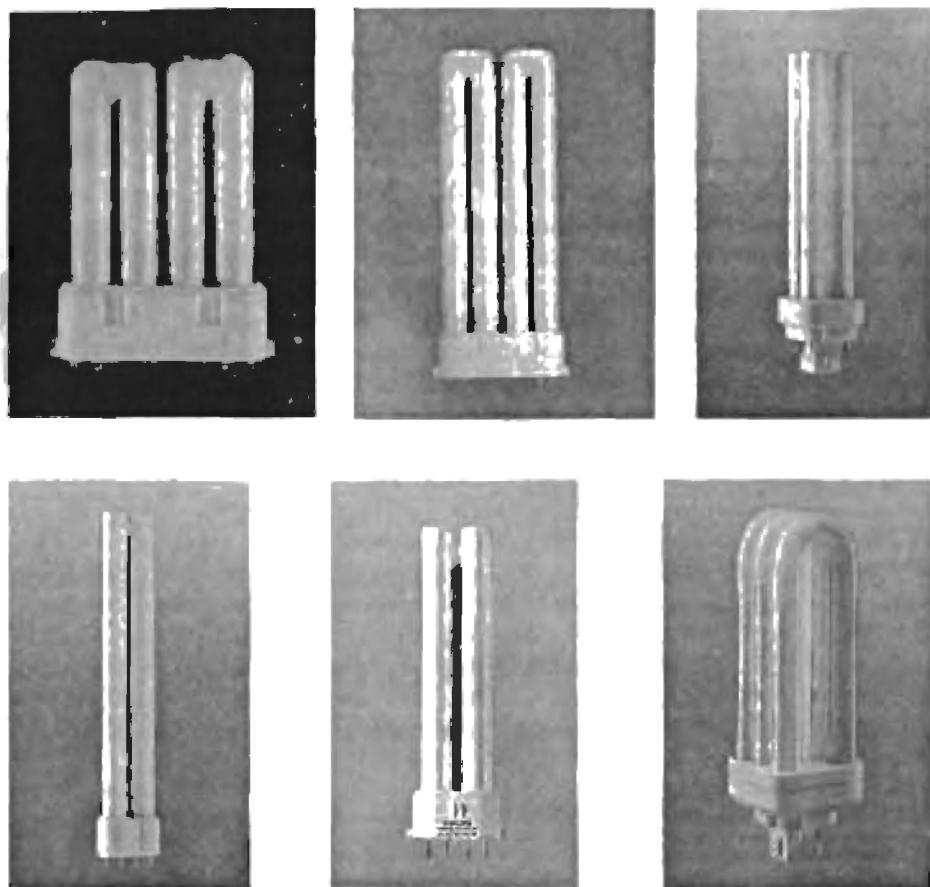


Рис. 1.15. Двухвыводные (штырьковые) КЛЛ

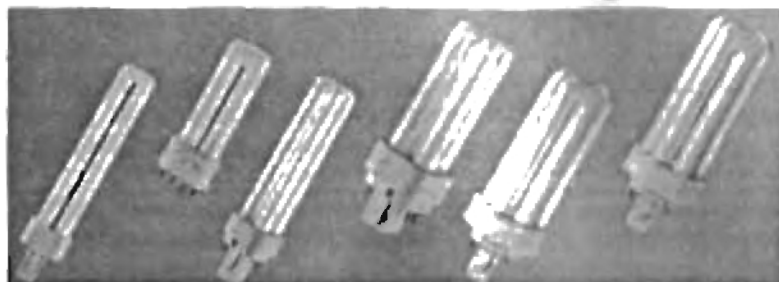




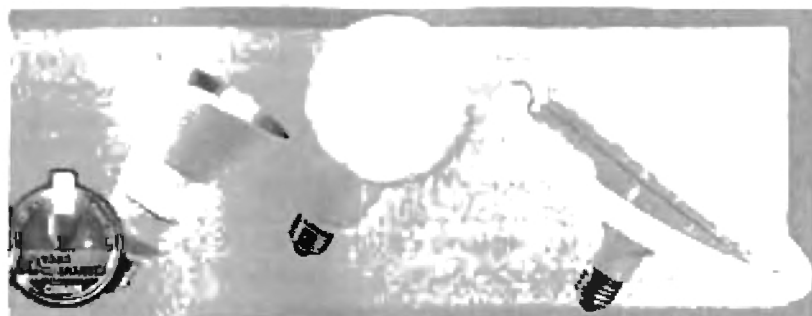
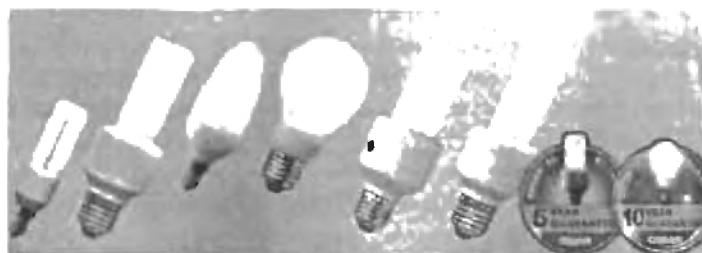
*Рис. 1.16. Четырехвыводные (штырьковые) универсальные КЛЛ*

малогабаритную лампу с одним цоколем со штырьками, как у линейной люминесцентной лампы (в этом случае ПРА устанавливаются отдельно, как и раньше), или с резьбовым эдисоновским цоколем как у стандартной лампы накаливания.

В лампах с резьбовым цоколем электронный малогабаритный и легкий ПРА встраивается непосредственно в основание лампы у резьбового цоколя. Такая компактная лампа предназначена для прямой замены лампы накаливания в тех же светильниках и при тех же патронах. При такой замене вы получаете пятикратную экономию электроэнергии (т. к. КЛЛ имеет световую отдачу, по крайней мере, в 5 раз большую, чем лампа накаливания той же мощности) и можете использовать эти



**Рис. 1.17.** КЛЛ, работающие с внешними ГРА



**Рис. 1.18.** Компактные люминесцентные лампы с интегрированным (астроенным) а цоколь электронным балластом (ЭПРА)

лампы в 8...12 раз дольше (их срок службы составляет 8...12 тыс. ч), причем в течение этого периода КЛЛ генерирует в 40...60 раз больше световой энергии. Размеры четырехканальных КЛЛ мощностью 18 Вт не превышают 145 мм, а одна такая лампа заменяет за срок своей службы 40...60 ламп накаливания мощностью по 60 Вт.

В реальных условиях работы в жилых домах (обычно осветительные приборы в них включены менее 1500 ч в год) КЛЛ надо менять не два раза в год, как лампы накаливания, а один раз в 8 лет. Немалую роль играет также мизерное содержание ртути в КЛЛ (около 3 мг). Велики и экологические преимущества КЛЛ: за срок службы лампа мощностью 18 Вт позволяет в два раза уменьшить выброс в атмосферу двуокиси углерода и на 7,5 кг — двуокиси серы (эти вещества выбрасывались бы в атмосферу на тепловых электростанциях при выработке того количества электроэнергии, которое потреблялось бы заменяемыми лампами накаливания).

Значительно более сложные, чем лампы накаливания, КЛЛ и стоят существенно дороже. Лампы отечественного производства (ОАО Лисма-ВНИИИС — [www.vniis.ru](http://www.vniis.ru); Московский электроламповый завод МЭЛЗ — [www.melz.ct.ru](http://www.melz.ct.ru)) стоят несколько дешевле, чем зарубежные брэнды. Вместе с тем, первоначальные затраты на покупку КЛЛ достаточно быстро окупятся и весь последующий период будут приносить чистый доход.

Пример расчета экономии на одну лампу для умеющих складывать и умножать (приняты следующие обозначения:  $N$  — расход денег, \$;  $T$  — ресурс лампы или ламп суммарный, ч;  $C$  — цена лампы или ламп, \$;  $P$  — потребляемая мощность, кВт; тариф на электроэнергию принят \$0,035 за кВт/ч).

Расходы на люминесцентную лампу мощностью 20 Вт со сроком службы 10000 ч ценой \$6:

$$N = C_{\text{люм}} + T \times C_{\text{ЭНЕРГИИ}} \times P = 6 + 10000 \times 0,035 \times 0,02 = 13 (\$).$$

Расходы на 10 ламп накаливания мощностью 100 Вт со сроком службы 1000 часов ценой по \$0,2:

$$\begin{aligned} N &= 10 \times C_{\text{НАК}} + T \times C_{\text{ЭНЕРГИИ}} \times P = \\ &= 10 \times 0,2 + 10000 \times 0,035 \times 0,1 = 37 (\$). \end{aligned}$$

Срок окупаемости КЛЛ быстро сокращается при повышении цены на электроэнергию (на понижение рассчитывать в ближайшее время не приходится) и росте времени работы лампы в год. Цена самой КЛЛ

со временем будет снижаться в результате повышения технологичности производства и конкуренции производителей.

Таким образом, для любого человека, который заботится о своем будущем, будущем своей семьи или фирмы, ответ на вопрос, покупать или нет КЛЛ, однозначен — конечно покупать! И не просто одну КЛЛ, а постепенно заменять многие из ламп у себя дома в соответствии со своими финансовыми возможностями. И электрический счетчик, и счета за электроэнергию быстро подтвердят правильность такого решения.

Однако при этом надо иметь в виду несколько важных соображений.

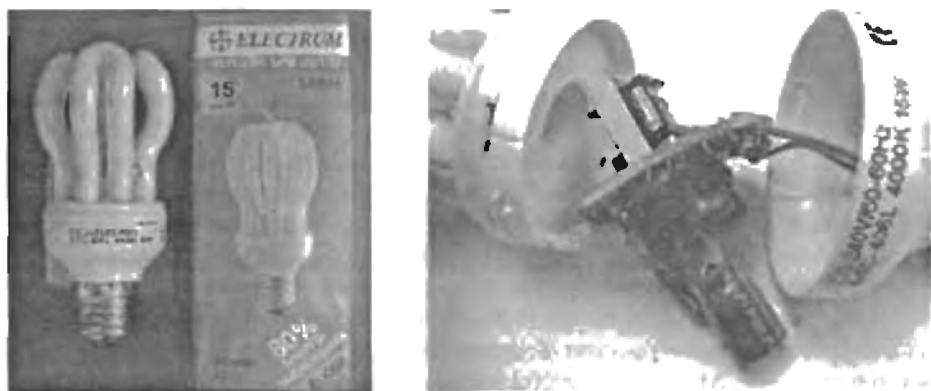
Во-первых, отправляясь в поход за КЛЛ, надо быть готовым к тому, что вам попадется большое количество безродных китайско-польско-турецких ламп по цене гораздо ниже, чем их именитые собратья. Но поддаваться соблазну купить их не стоит — это будет напрасная трата денег. Цена здесь полностью соответствует реальному качеству. Как уже упоминалось, КЛЛ является высокотехнологичным светотехническим изделием, качество света и долговечность этого источника определяется его составляющими: люминофором лампы и надежностью электронного ПРА.

Дешевизна китайско-польско-турецких КЛЛ объясняется использованием дешевого люминофора, светоотдача которого уже после 1000 ч работы падает на 50%; при этом излучаемый свет имеет очень низкий индекс цветопередачи. Добавьте сюда низкую надежность и долговечность электронного балласта, который создает ко всему еще и помехи телевизионному и радиоприему (в результате отсутствия помехоподавляющего высокочастотного фильтра), и станет понятно, что говорить об экономии и хорошем настроении от приятного освещения не приходится. Поэтому внимание следует уделить проверенным КЛЛ известных зарубежных и отечественных светотехнических производителей.

Во-вторых, мощность КЛЛ может быть в 5 раз меньше, чем мощность заменяемых ламп накаливания, если вы хотите получить тот же уровень освещенности, который вы имели раньше. Если же вы с помощью КЛЛ хотите не только сэкономить электроэнергию, но одновременно и улучшить условия освещения, то мощность приобретаемой КЛЛ может быть меньше мощности заменяемой лампы в 3...4 раза.

Лампы, которые вы будете приобретать и вставлять в существующие светильники, не должны, по возможности, выступать из рассеивателей или отражателей этих светильников. Наименьшую длину имеют четырех- и шестиканальные лампы.

Наиболее миниатюрными из КЛЛ являются лампы серии Lotus, которые производит ООО «Электрум Плюс», г. Киев, адрес в Интернет <http://www.electrum.com.ua>.



*Рис. 1.19. Лампы Electrum серии Lotus*

Кроме того, обратите внимание на патрон светильника и цоколь заменяемой лампы накаливания. Абсолютное большинство КЛЛ имеют резьбовой цоколь E27. Лампы КЛЛ с цоколем E14 («Миньон») встречаются на нашем рынке редко, но приобрести их возможно. При установке КЛЛ нельзя браться и прилагать усилия непосредственно к стеклянным трубкам (они довольно хрупкие) — для этого существует пластмассовое основание цоколя.

Некоторые КЛЛ обладают также дополнительными возможностями. Одна из серий КЛЛ с дополнительными возможностями — серия OSRAM DULUX® EL VARIO — электронные компактные люминесцентные лампы с возможностью регулирования светового потока. Их особенности:

- 12-летний срок службы (при работе около 3 ч в день);
- регулировка светового потока без светорегулятора;
- уменьшение светового потока более чем на 50% с помощью простого выключения и повторного включения лампы в течение 3 с;
- дополнительная экономия электроэнергии с помощью простого выключения и повторного включения лампы в течение 3 с, после которого потребление тока лампой уменьшается более чем наполовину;
- возможность неограниченного по количеству раз выключения и повторного включения лампы OSRAM DULUX® EL VARIO.

Эти лампы могут найти широкое применение как в быту, так и в профессиональной сфере (гостиницы, предприятия общественного питания) — везде, где нужно изменять уровень освещенности.

Благодаря своей неограниченной прочности на включение и выключение лампа OSRAM DULUX® EL VARIO является предпочтительным источником света для систем лестничного освещения с режимом автоматического отключения.

Еще одна серия ламп с дополнительными возможностями — серия OSRAM DULUX® EL SENSOR — электронные компактные люминесцентные лампы с фотозлементом и потенциометром. Их особенности:

- средний срок службы 15 тыс. ч;
- лампа OSRAM DULUX® EL SENSOR автоматически включается при наступлении темноты и автоматически выключается при дневном свете;
- возможность регулировки порога срабатывания фотозлемента. Устанавливаемое время включения и выключения обеспечивает возможность эксплуатации во многих рабочих положениях (например, в открытых светильниках или в светильниках с опаловым защитным стеклом);
- распознавание фотозлементами дневного света по спектральному распределению излучения.

Можно с уверенностью утверждать, что за компактными люминесцентными лампами — будущее, которое создается уже сегодня.

Соответствия некоторых серий компактных люминесцентных ламп OSRAM, GE Lighting, PHILIPS приведены в табл. 1.35.

Соответствия некоторых серий КЛЛ OSRAM, GE Lighting, PHILIPS

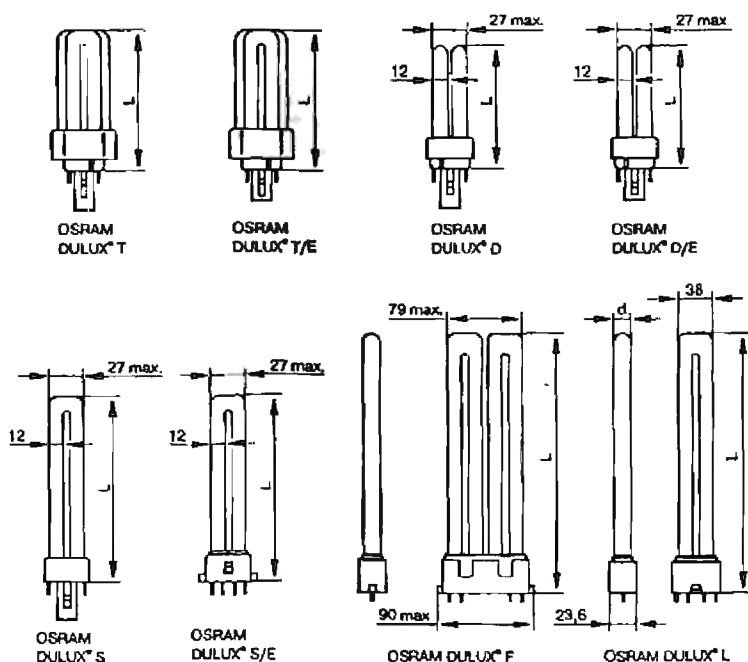
Таблица 1.35

OSRAM	GE Lighting	PHILIPS Lighting
Четырехвыводные компактные люминесцентные лампы для работы с внешним электронным ПРА		
DULUX® S/E	Biax S/E	PL-S 4-PIN
DULUX® D/E	Biax D/E	PL-C 4-PIN
DULUX® T/E (IN)	Biax T/E	PL-T 4-PIN
DULUX® L (SP)	Biax L	PL-L 4-PIN
DULUX® F	-	-
-	Biax Q/E	Master PL-H
-	Biax 2D/E	PL-Q Pro
Двухвыводные (со встроенным в цоколь стартером) компактные люминесцентные лампы для работы с внешним электромагнитным ПРА		
DULUX® S	Biax S	PL-S 2-PIN
DULUX® D	Biax D	PL-C 2-PIN
DULUX® T	Biax T	PL-T 2-PIN
-	Biax 2D	PL-Q Pro
Компактные люминесцентные лампы с интегрированным в цоколь электронным ПРА и предназначенные для непосредственной замены ламп накаливания		
Dulux EL 2-turn E14	Electronic Biax M	ECOTONE Economy

Продолжение табл. 1.35

OSRAM	GE Lighting	PHILIPS Lighting
Dulux EL 2-turn E27	Electronic Biax D	ECOTONE Economy
Dulux EL 3-turn LONGLIFE, FACILITY, ECONOMY, VARIO, SENSOR	Electronic Biax T	PLE-E-T
Dulux EL Globe	Electronic Biax Globe	PLE-D Decor Globe EL/A, Vanity Globe BC-EL/A
-	Electronic Biax Q	-
-	Genura R80 Induction Lamp	-
DULUX® EL CLASSIC	-	Ecotone AMBIANCE
DULUX® EL REFLECTOR	-	Reflector Flood BC-EL/A BR-30 Flood SLS/R30
CIRCOLUX® EL	-	FC8T9/SYS
-	-	Twister BC-EL/DT

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп OSRAM LUMILUX® (группа цветопередачи 1B) приведены в табл. 1.36.



Характеристики КЛЛ OSRAM LUMILUX® (группа цветопередачи 1B) Таблица 1.36

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм, для ламп с цветностью				Длина L, мм
		860, Daylight	840, Cool White	830, Warm White	827, INTERNA	
OSRAM DULUX® T						
DULUX T 13W /...	13	–	900	900	900	90
DULUX T 18W /...	18	–	1200	1200	1200	100
DULUX T 26W /...	26	–	1800	1800	1800	115
OSRAM DULUX® T/E						
DULUX T/E 13W /...	13	–	900	900	900	90
DULUX T/E 18W /...	18	–	1200	1200	1200	100
DULUX T/E 26W /...	26	–	1800	1800	1800	115
DULUX T/E 32W /...	32	–	2400	2400	2400	131
DULUX T/E 42W /...	42	–	3200	3200	3200	152
DULUX T/E 57W /...	57	–	4300	4300	4300	181
OSRAM DULUX® D						
DULUX D 10W /...	10	–	600	600	600	87
DULUX D 13W /...	13	–	900	900	900	115
DULUX D 18W /...	18	–	1200	1200	1200	130
DULUX D 26W /...	26	–	1800	1800	1800	149
OSRAM DULUX® D/E						
DULUX D/E 10W /...	10	–	600	600	600	87
DULUX D/E 13W /...	13	–	900	900	900	115
DULUX D/E 18W /...	18	–	1200	1200	1200	130
DULUX D/E 26W /...	26	–	1800	1800	1800	149
OSRAM DULUX® S						
DULUX S 5W /...	5	–	250	250	250	85
DULUX S 7W /...	7	375	400	400	400	114
DULUX S 9W /...	9	565	600	600	600	144
DULUX S 11W /...	11	850	900	900	900	214
OSRAM DULUX® S/E						
DULUX S/E 5W /...	5	–	250	–	250	85
DULUX S/E 7W /...	7	–	400	400	400	114
DULUX S/E 9W /...	9	–	600	600	600	144
DULUX S/E 11W /...	11	–	900	900	900	214
OSRAM DULUX® F						
DULUX F 18W /...	18	–	1100	1100	1100	122
DULUX F 24W /...	24	–	1700	1700	1700	165
DULUX F 36W /...	36	–	2800	2800	2800	217



Продолжение табл. 1.36

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм, для ламп с цветностью				Длина L, мм
		860, Daylight	840, Cool White	830, Warm White	827, INTERNA	
OSRAM DULUX® L						
DULUX L 18W /...	18	–	1200	1200	1200	217
DULUX L 24W /...	24	–	1800	1800	1800	317
DULUX L 36W /...	36	2750	2900	2900	2900	411
DULUX L 40W /...	40	3325	3500	3500	3500	533
DULUX L 55W /...	55	4550	4800	4800	4800	533
DULUX L 80W /...	80	–	6000	6000	–	570

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп OSRAM LUMILUX® DE LUXE (группа цветопередачи 1A) приведены в табл. 1.37.

Характеристики КЛЛ OSRAM LUMILUX® DE LUXE  
(группа цветопередачи 1A)

Таблица 1.37

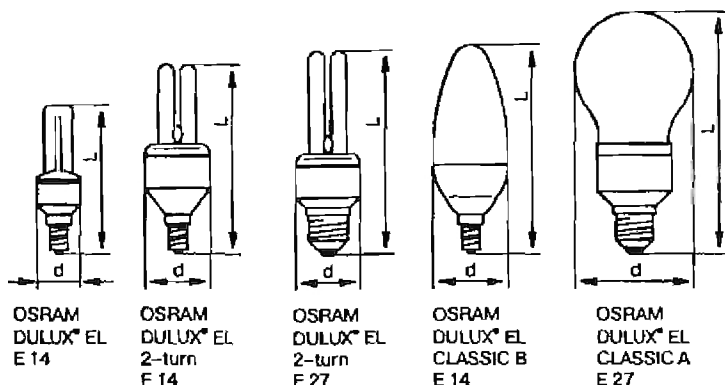
Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм, для ламп с цветностью			Длина L, мм
		950, Daylight	940, Cool White	930, Warm White	
OSRAM DULUX® L					
DULUX L 18W /...	18	750	750	750	217
DULUX L 24W /...	24	1200	1200	1200	317
DULUX L 36W /...	36	1900	1900	1900	411
DULUX L 40W /...	40	2200	–	–	533
DULUX L 55W /...	55	3000	3000	3000	533

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп OSRAM DULUX® EL с цветностью 827 INTERNA приведены в табл. 1.38.

## Характеристики КЛЛ OSRAM DULUX® EL

Таблица 1.38

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Диаметр d, мм	Длина L, мм
OSRAM DULUX® EL Mini				
DULUX EL 3W/827 E14	3	100	30	115
DULUX EL 5W/827 E14	5	240	36	124
DULUX EL 7W/827 E14	7	400	45	136
DULUX EL 11W/827 E14	11	600	45	148
OSRAM DULUX® EL				
DULUX EL 5W/827 E27	5	240	36	121
DULUX EL 7W/827 E27	7	400	45	131,5
DULUX EL 11W/827 E27	11	600	45	143
DULUX EL 15W/827 E27	15	900	52	140
DULUX EL 20W/827 E27	20	1200	52	153,5
DULUX EL 23W/827 E27	23	1500	58	173
OSRAM DULUX® EL CLASSIC				
DULUX EL CL B 5W/827 E14	5	150	46	131
DULUX EL CL A 5W/827 E27	5	150	60	111
DULUX EL CL B 7W/827 E14	7	280	46	131
DULUX EL CL A 7W/827 E27	7	350	60	111
DULUX EL CL A 10W/827 E27	10	500	60	123,5
DULUX EL CL A 11W/827 E27	11	550	70	147
DULUX EL CL A 15W/827 E27	15	800	70	149,5
OSRAM DULUX® EL FACILITY				
DULUX EL FCY 10W/827 E27	10	500	45	129
DULUX EL FCY 10W/827 E14	10	500	45	133
DULUX EL FCY 14W/827 E27	14	800	52	131
OSRAM DULUX® EL SENSOR PLUS				
DULUX EL 15W/Sensor	15	900	52	140
OSRAM DULUX® EL REFLECTOR				
DULUX EL-R 15W/827 E27	15	335	102	143
DULUX EL-R 20W/827 E27	20	450	117,5	161
OSRAM DULUX® EL GLOBE				
DULUX EL GL 15W/827 E27	15	700	100	169
DULUX EL GL 20W/827 E27	20	1150	120	190
OSRAM CIRCOLUX® EL				
CIRCOLUX EL 24W/827 E27	24	1700	225	99
OSRAM DULUX® EL VARIO				
DEL VAR 23W/827 E27	23	1500	58	173



Технические характеристики ламп OSRAM DULUX® приведены в табл. 1.39.

Технические характеристики ламп OSRAM DULUX®

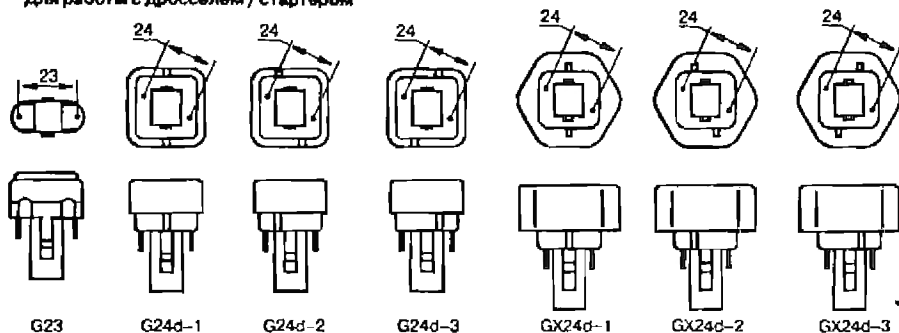
Таблица 1.39

Лампа OSRAM DULUX®	Напряжение лампы, В		Ток лампы, мА		Яркость, кд/см <sup>2</sup>
	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	
DULUX S 5W	35	-	180	-	2,5
DULUX S 7W	47	-	175/180	-	2,6
DULUX S 9W	60	-	170/180	-	2,8
DULUX S 11W	91	-	155/-	-	2,7
DULUX D 10W	64	-	190	-	4,0
DULUX D 13W	91	-	175	-	4,0
DULUX D 18W	100	-	220	-	4,5
DULUX D 26W	105	-	325	-	5,5
DULUX T 13W	91	-	175	-	4,2
DULUX T 18W	100	-	225	-	4,7
DULUX T 26W	105	-	325	-	6,0
DULUX S/E 5W	35	27	180	190	2,5
DULUX S/E 7W	47	37	175	175	2,6
DULUX S/E 9W	60	48	170	170	2,8
DULUX S/E 11W	91	75	155	150	2,7
DULUX D/E 10W	64	51	190	190	4,0
DULUX D/E 13W	91	77	175	165	4,0
DULUX D/E 18W	100	80	220	210	4,5
DULUX D/E 26W	105	80	325	300	5,5
DULUX T/E 13W	91	77	175	165	4,2
DULUX T/E 18W	100	80	220	210	4,7
DULUX T/E 26W	105	80	325	300	6,0
DULUX T/E 32W	-	100	-	320	6,5
DULUX T/E 42W	-	135	-	320	7,0
DULUX T/E 57W	-	182	-	320	7,0
DULUX L 18W	58	50	375	320	2,1

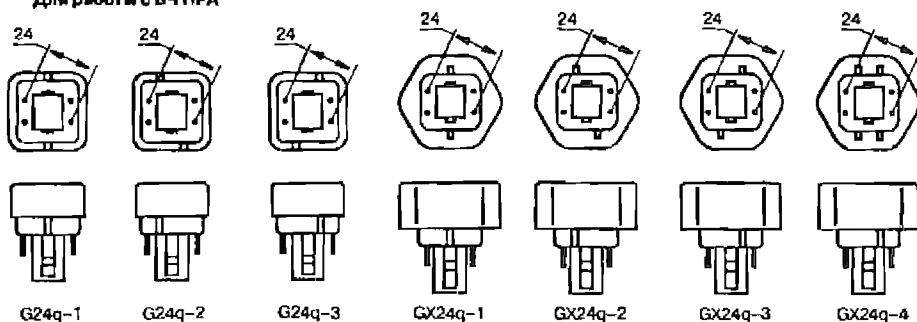
Продолжение табл. 1.39

Лампа OSRAM DULUX®	Напряжение лампы, В		Ток лампы, мА		Яркость, кд/см <sup>2</sup>
	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	
DULUX L 24W	87	75	345	300	2,1
DULUX L 36W	106	90	435	360	2,8
DULUX L 40W	—	126	—	320	2,3
DULUX L 55W	—	101	—	550	3,2
DULUX F 18W	58	50	375	320	2,4
DULUX F 24W	87	75	345	300	2,5
DULUX F 36W	106	90	435	360	3,0

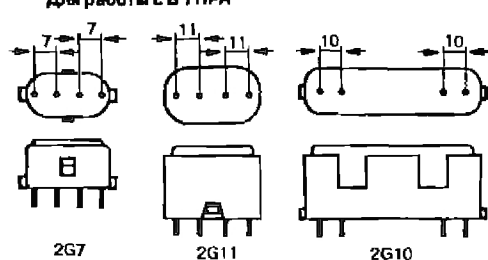
Для работы с дросселем / стартером



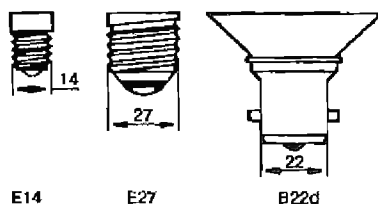
Для работы с ВЧ ПРА



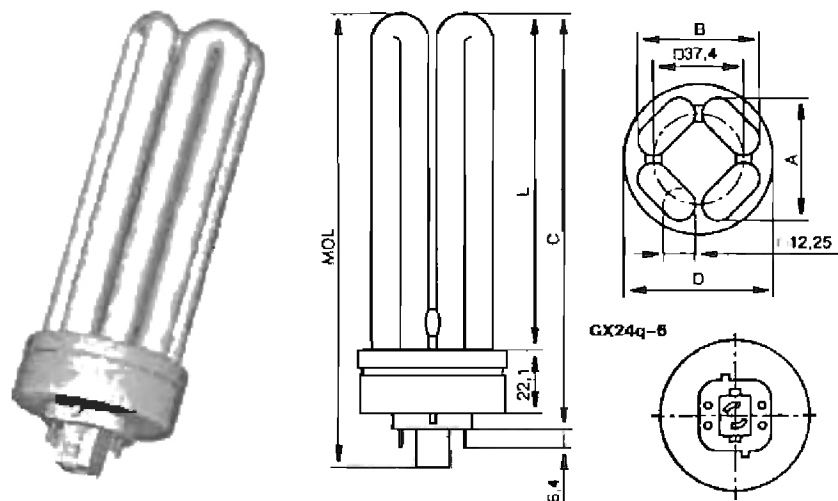
Для работы с ВЧ ПРА



Для прямого подключения к сети



Габаритные размеры КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ Q/E приведены в табл. 1.40. В табл. 1.41 приведены характеристики этих ламп.



Габаритные размеры КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ Q/E

Таблица 1.40

Мощность лампы, Вт	Габаритные размеры, мм, не более					
	A	B	C	L	D	MOL
42	51	51	163,3	135,5	58	154
57	51	51	163,3	135,5	58	178
70	51	51	193,3	165,5	58	208

Характеристики КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ Q/E

Таблица 1.41

Мощность, Вт	Код цветности	Световой поток, лм	Номинальный средний срок службы, тыс. ч	Напряжение лампы, В	Ток лампы, А
42	830	3200	10...12	140	0,3
	835				
	840				
57	827	4300	10...12	182	0,32
	830				
	835				
	840				
	850				

Продолжение табл. 1.41

Мощность, Вт	Код цветности	Световой поток, лм	Номинальный средний срок службы, тыс. ч	Напряжение лампы, В	Ток лампы, А
70	827	5200	10...12	219	0,32
	830				
	835				
	840				
	850				

Характеристики КЛЛ фирмы GE Lighting серии **Biax™ 2D®/E** (4 штырьковая) приведены в табл. 1.42.

Характеристики КЛЛ фирмы GE Lighting серии **Biax™ 2D®/E**

Таблица 1.42

Мощность, Вт	Код цветности	Световой поток, лм	Номинальный средний срок службы, тыс. ч	Длина, мм
10	827	650	10	92
	835			
16	827	1050	10	142
	835			
21	827	1350	10	142
	835			
	860			
28	827	2050	10	205
	835			
	840			
38	827	2850	10	205
	835			
55	827	4000	10	205
	835			

## 1.7. Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы

Исследования возможностей использования электромагнитных колебаний высоких и сверхвысоких частот (ВЧ и СВЧ) для возбуждения светозлучающего разряда, проводившиеся учеными в течение более ста лет, привели к созданию в последнем десятилетии XX века безэлектродных источников света. И тем самым открыли дорогу для нового этапа в

развитии светотехники, связанного с внедрением долговечных и высокоэффективных индукционных и микроволновых ламп.

90-е годы прошлого столетия были ознаменованы эпохальным событием в концепции развития люминесцентных ламп. Лидерами в сфере производства и разработки светотехнических изделий и систем — фирмами PHILIPS Lighting, GE Lighting (Дженерал Электрик Лайтинг) и OSRAM — были разработаны и внедрены в производство безэлектродные индукционные люминесцентные лампы (ИЛЛ).

В этих лампах, как и в других люминесцентных лампах, для возбуждения свечения люминофоров используется газовый разряд в парах ртути и инертного газа (аргон или криптон). Поддержание разряда осуществляется за счет энергии электромагнитного поля, которое создается в непосредственной близости от разрядного объема. Создание безэлектродных ИЛЛ стало возможным благодаря успехам полупроводниковой электроники, которые позволили разработать малогабаритные и сравнительно дешевые источники высокочастотной (ВЧ) энергии с высоким КПД.

Все возможные типы безэлектродных ИЛЛ состоят из трех основных узлов: малогабаритного источника ВЧ энергии, устройства для эффективной передачи ВЧ энергии в разряд, называемого индуктором, и разрядного объема.

Первые серийные образцы безэлектродных индукционных люминесцентных ламп (ИЛЛ) были выпущены компанией PHILIPS Lighting в 1991—1992 гг. под торговой маркой QL (Quality Lighting). Эти люминесцентные источники света, максимально приближенные по форме к лампе накаливания общего назначения (рис. 1.20).

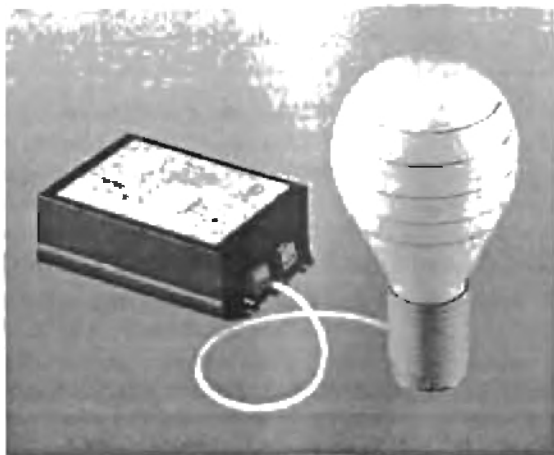


Рис. 1.20. Внешний вид лампы QL

Колба лампы имеет цилиндрическое углубление для размещения индуктора, покрыта изнутри люминофором и наполнена инертным газом с небольшим количеством ртути в виде амальгамы. Индуктор (соленоид) с ферритовым сердечником, на который надета колба, генерирует индуктивность выходного контура транзисторного ВЧ-генератора и связан с ним через коаксиальный кабель для уменьшения потерь на ВЧ-излучение (рис. 1.21).

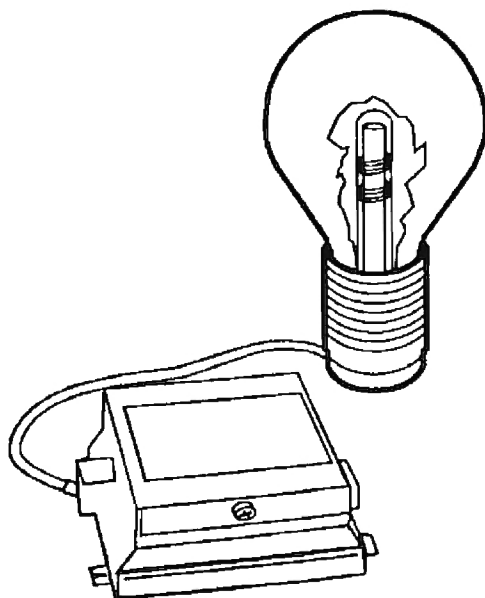


Рис. 1.21. Строение лампы QL

Электромагнитное поле индуктора на частоте 2,65 МГц возбуждает разряд в парах ртути с УФ-излучением, воздействующим на люминофорное покрытие из трехкомпонентной смеси гексагональных алюминатов, активированных редкоземельными элементами, а люминофор, в свою очередь, излучает видимый свет (рис. 1.22, 1.23).

Время полного разгорания разряда — около 1 мин. Люминофор и стекло защищены от ртутного загрязнения светопрозрачной защитной пленкой (как и в ЛЛ типа T5), обеспечивающей спад светового потока менее 10% после 10...20 тыс. ч и 25% после 60 тыс. ч работы лампы. Без защитной пленки 25%-ный спад светового потока происходит после 8 тыс. ч, т. е. срок службы лампы QL с защитной пленкой увеличивается почти на порядок. (Отметим, что срок службы этих ламп существенно превышает срок службы транзисторов в ВЧ-генераторах.)



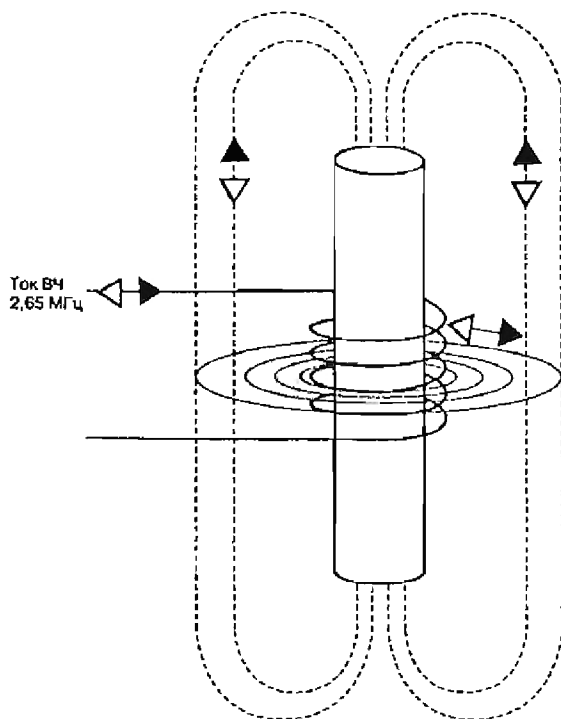


Рис. 1.22. Магнитное поле индуктора

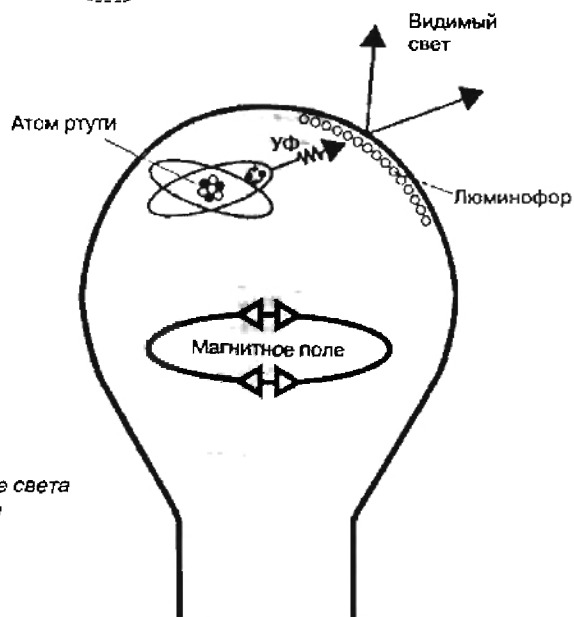


Рис. 1.23. Излучение света люминофором

На рис. 1.24 показаны зависимости количества исправных ламп и падения светового потока от времени работы ламп в часах.

Благодаря чрезвычайно большому сроку службы ИЛЛ представляют собой идеальный источник света для освещения цехов с непрерывным режимом работы и в случаях, когда доступ к светильникам при обслуживании затруднен, например, при значительной высоте установки (потолки) и загроможденности зон подхода, а также там, где замена ламп связана со значительными материальными затратами.

Впервые лампы типа QL мощностью 85 Вт были использованы в светильниках, изготовленных в стиле газовых фонарей и установленных на одной из площадей Парижа, а также в пешеходной части Елисейских полей. Лампы QL мощностью 55 Вт были использованы впервые в установках с полыми протяженными световодами в парпетной системе освещения пешеходных и велосипедных дорожек нового моста в г. Гронингене (Голландия). В [2] приведено множество примеров применения ламп типа QL в установках наружного и внутреннего освещения: среди них подсветка часов на башне Биг Бен, освещение Палаты лордов в Парламенте Великобритании, туннеля на автостраде между городами

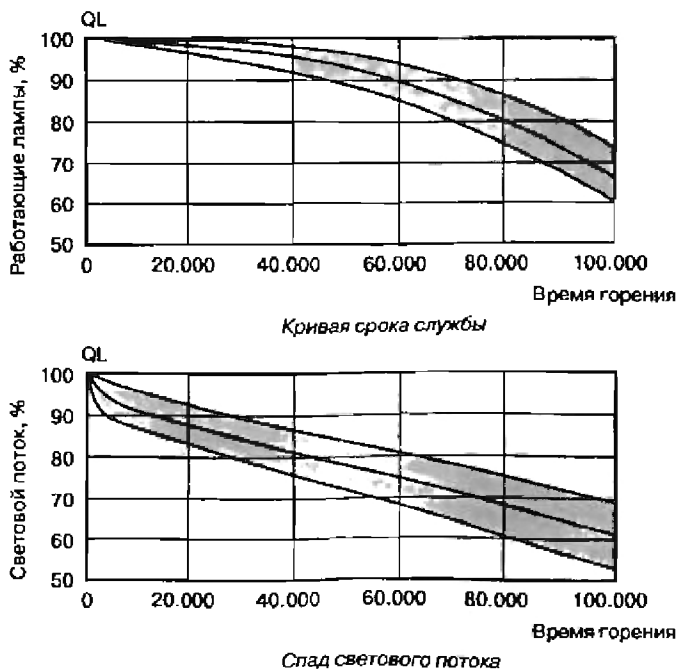


Рис. 1.24. Зависимости количества исправных ламп и падения светового потока от времени работы

Веве и Монтре на берегу Женевского озера, железнодорожного вокзала для высокоскоростного экспресса в Брюсселе, крупных торговых центров в Мадриде, Барселоне, Гамбурге и т. д. В этих осветительных устройствах, в основном, использовались лампы QL мощностью 165 Вт.

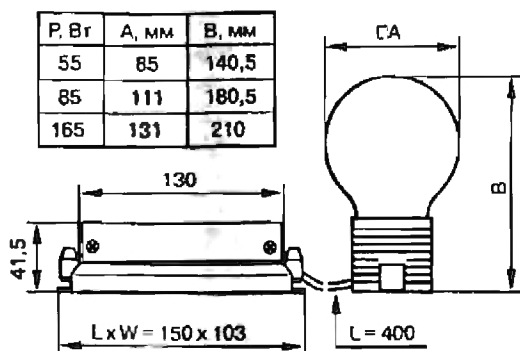


Рис. 1.25. Габаритные размеры ламп QL

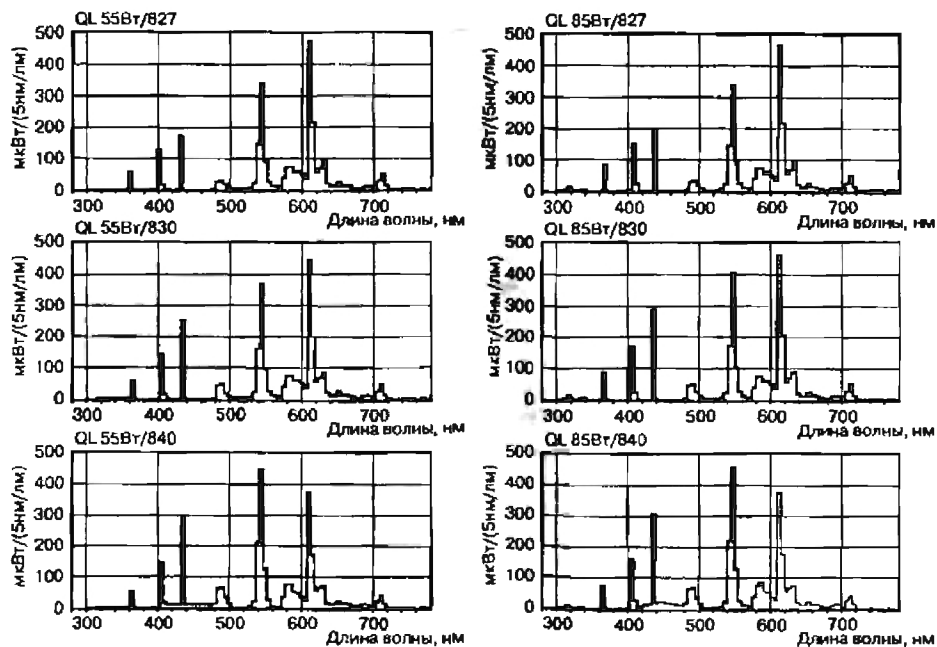


Рис. 1.26. Спектр ламп QL

Дальнейшее увеличение мощности ламп типа QL ограничено возможностями теплоотвода от индуктора и допустимыми уровнями электромагнитных излучений. По напряженности электрического поля предельно допустимый уровень (ПДУ) излучения на рабочих местах в течение дня для частот от 60 кГц до 3 МГц составляет 50 В/м, а по напряженности магнитного поля — 5 А/м. Отметим, что в лампах типа QL и Genuga разряд оказывает некоторое экранирующее воздействие на уровень ВЧ-излучений индуктора.

В табл. 1.43 приведены технические характеристики QL.

Характеристики ИЛЛ QL

Таблица 1.43

Параметр	QL 55W	QL 85W	QL 165W
Мощность системы QL, Вт	55	85	165
Световой поток, лм	3500	6000	12000
Световая отдача, лм/Вт	65	72	73
Цветовая температура излучения, К	2700	2700	-
	3000	3000	3000
	4000	4000	4000
Индекс цветопередачи, $R_a$	более 80	более 80	более 80
Максимальное время зажигания и пережигания, с	0,5	0,5	0,5
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха (в закрытом светильнике), °С	от -20 до +65	от -20 до +65	от -20 до +65

Цена комплекта QL составляет около 250 евро.

Следующим этапом развития ИЛЛ являлось создание в 1994 году фирмой GE Lighting компактной лампы типа Genuga (рис. 1.27), в которой благодаря достижениям современной микроэлектроники ВЧ-генератор был размещен в цоколе лампы.

Genuga была разработана в различных отделениях фирмы «Дженерал Электрик», расположенных в США (г. Кливленд), Англии (г. Энфильд и г. Лечестер) и Венгрии (г. Будапешт и г. Надьканижа). Промышленные образцы ламп были созданы в течение 1994 г. под руководством Центра исследований и разработок концерна General Electric в г. Скепектади (штат Нью-Йорк). В Европе серийное производство было освоено в Венгрии (г. Надьканижа) на



Рис. 1.27. Внешний вид лампы Genuga

заводе «Дженерал Электрик Лайтинг», ранее принадлежавшем фирме «Тунгсрам» (Tungsgam).

В отличие от QL, Genuga относится к группе компактных ЛЛ (ВЧ генератор находится в цоколе лампы) и предназначена для непосредственной замены стандартных ламп накаливания.

На рис. 1.28 показана эквивалентная замена рефлекторного светильника с лампой накаливания на безэлектродную ИЛЛ Genuga.



**Рис. 1.28.** Замена ЛН на ИЛЛ Genuga в рефлекторном светильнике

Замена ЛН лампой Genuga обеспечивает экономию электроэнергии в 4...5 раз и повышает продолжительность эксплуатации в 10...15 раз. Так, экономический эффект при замене ЛН типа R80 лампы Genuga (при высокой начальной стоимости лампы Genuga — около \$ 25) достигается через 8 месяцев, а в течение всего срока службы (15 тыс. ч) эксплуатация 100 шт. ламп Genuga обеспечивает общую экономию более \$20000.

По форме колбы и габаритным размерам лампа Genuga™ R80 соответствует зеркальной ЛН типа R80 (100 Вт). В прицокольной части лампы размещен транзисторный генератор частотой 2,5 МГц, потребляющий 23 Вт от сети переменного тока напряжением 230 В. Колба лампы Genuga покрыта изнутри люминофором марки «Полюлюкс» и наполнена ксеноном с небольшим количеством ртути. Внутреннее строение лампы Genuga показано на рис. 1.29.

Гарантированный срок службы лампы Genuga фирма GE Lighting скромно заявила как 15000 ч, ссылаясь на стандарт IEC 969.

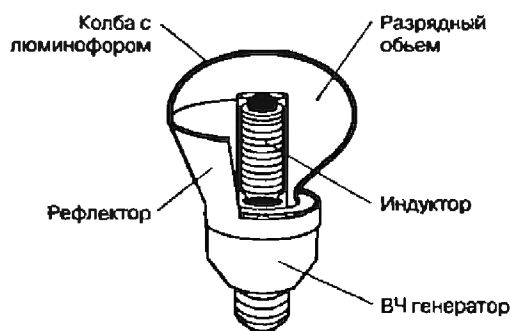


Рис. 1.29. Внутреннее строение лампы Gepluga

Расположение индуктора с ферритовым сердечником внутри колбы лампы соответствует конструкции безэлектродной ИЛЛ типа QL. То обстоятельство, что ВЧ-генератор находится в самой лампе, ограничивает ее мощность и срок службы, который в основном определяется тепловой и радиационной стойкостью транзисторного генератора. Экранирующее действие слабого ВЧ-разряда, по-видимому, считается недостаточным, и в целях снижения уровня электромагнитных излучений от индуктора на поверхности колбы под слоем люминофора нанесено проводящее покрытие из тонкой пленки окиси цинка.

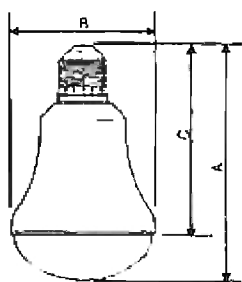
ИЛЛ типа Gepluga снабжена отражателем из белого полипропилена марки Валокс, сохраняющего свою форму при изменении температуры от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ .

Технические характеристики ИЛЛ Gepluga приведены в табл. 1.44, а на рис. 1.30 показаны габаритные размеры этой лампы.

Технические характеристики ИЛЛ Gepluga

Таблица 1.44

Параметры	Значение
Мощность лампы, Вт	23
Потребляемый ток, А	0,21
Световой поток, лм	1100
Световая отдача, лм/Вт	48
Цветовая температура излучения, К	2700
	3000
Индекс цветопередачи, $R_a$	82
Минимальная допустимая температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	$-20$
Масса лампы, г	200
Цоколь	E27



A = 129 мм  
B = 82 мм  
C = 101 мм

Рис. 1.30. Габаритные размеры ИЛЛ Genuga

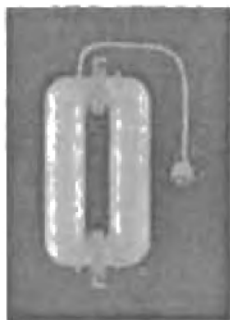


Рис. 1.31. Внешний вид лампы ENDURA®

Лампы типа Genuga использовали при освещении зала ожидания аэропорта в Копенгагене и подсветке памятника русскому промышленнику Н. Демидову во Флоренции.

Не отстала от своих собратьев и германская фирма OSRAM. В конце 1990-х годов фирма OSRAM разработала и освоила выпуск своей оригинальной безэлектродной индукционной люминесцентной лампы, которая получила название ENDURA® (рис. 1.31).

Конструкция этой лампы отличается тем, что индуктор располагается вне колбы. Колба лампы ENDURA® представляет собой замкнутую трубку, изогнутую в виде скругленного по углам прямоугольника. В коротких участках прямоугольника расположены два индуктора с ферритовыми кольцами.

На рис. 1.32 показано строение лампы ENDURA®.

Такое устройство допускает значительное увеличение мощности и снижение частоты электромагнитных колебаний, возбуждающих разряд в лампах ENDURA®, по сравнению с ИЛЛ, в которых индуктор располагается внутри колбы лампы. Частота поступающего тока на индуктор от ВЧ генератора QUICKTRONIC® составляет всего 250 кГц.

Использование стойких узкополосных люминофоров позволило существенно увеличить удель-

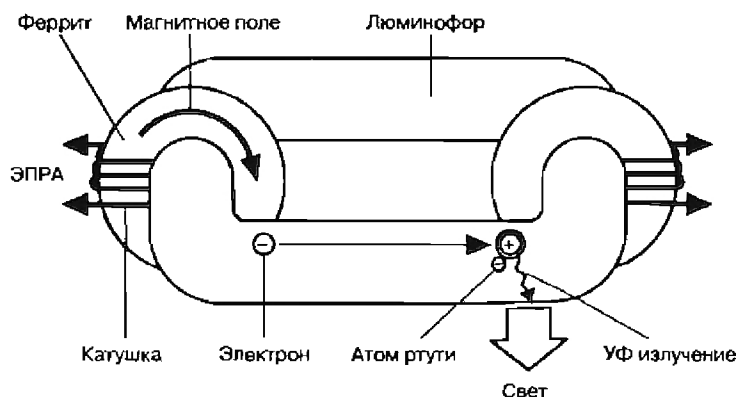


Рис. 1.32. Строение лампы ENDURA®

ную нагрузку и уменьшить габариты ламп ENDURA<sup>®</sup>, а использование амальгамы ртути привело к ослаблению зависимости светового потока от температуры. Достигнутые мощности не являются предельными. Однако повышение мощности лампы до 150...200 Вт и выше, по-видимому, ограничено в данной конструкции уровнями электромагнитных излучений, для снижения которых необходимы специальные экраны.

Конструкция лампы ENDURA<sup>®</sup> удобна для ее использования в плоских светильниках, в которых также размещаются компактные генераторы QUICKTRONIC<sup>®</sup>, работающие на частоте 250 кГц.

В рекламных проспектах фирмы OSRAM обращается внимание на то, что световой поток ламп ENDURA<sup>®</sup> сохраняется неизменным в широком интервале температур. Они надежно зажигаются при температуре до -30 °С, обеспечивают мгновенное повторное зажигание почти на полной мощности и обладают хорошей коммутационной способностью. Их срок службы составляет 60 тыс. ч и ограничен долговечностью электронных генераторов.

Отмеченные особенности ламп ENDURA<sup>®</sup> позволяют использовать их в экстремальных условиях эксплуатации.

На рис. 1.33 показаны габаритные размеры ламп ENDURA<sup>®</sup>, в табл. 1.45 приведены их технические характеристики.

Технические характеристики ламп OSRAM ENDURA<sup>®</sup>

Таблица 1.45

Параметры		ENDURA <sup>®</sup> 75W	ENDURA <sup>®</sup> 100W	ENDURA <sup>®</sup> 150W
Мощность системы ENDURA <sup>®</sup> , Вт		75	100	150
Световой поток, лм		6500	8000	12000
Световая отдача, лм/Вт		80	80	80
Цветовая температура излучения, К		3000	3000	3000
		4000	4000	4000
Индекс цветопередачи, $R_a$		более 80	более 80	более 80
Потребляемый ток, А, от сети 220 В		0,4	0,64	0,7
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха (в закрытом светильнике), °С		от -25 до +50	от -25 до +50	от -25 до +50
Габаритные размеры (рис. 1.33)	Колбы (1)	L = 313 мм B = 139 мм H = 72 мм	L = 313 мм B = 139 мм H = 72 мм	L = 414 мм B = 139 мм H = 72 мм
	QUICKTRONIC <sup>®</sup> S-исполнение (2)	L = 181 мм B = 99 мм H = 42 мм		
	QUICKTRONIC <sup>®</sup> L-исполнение (3)	L = 423 мм B = 40 мм H = 30 мм		



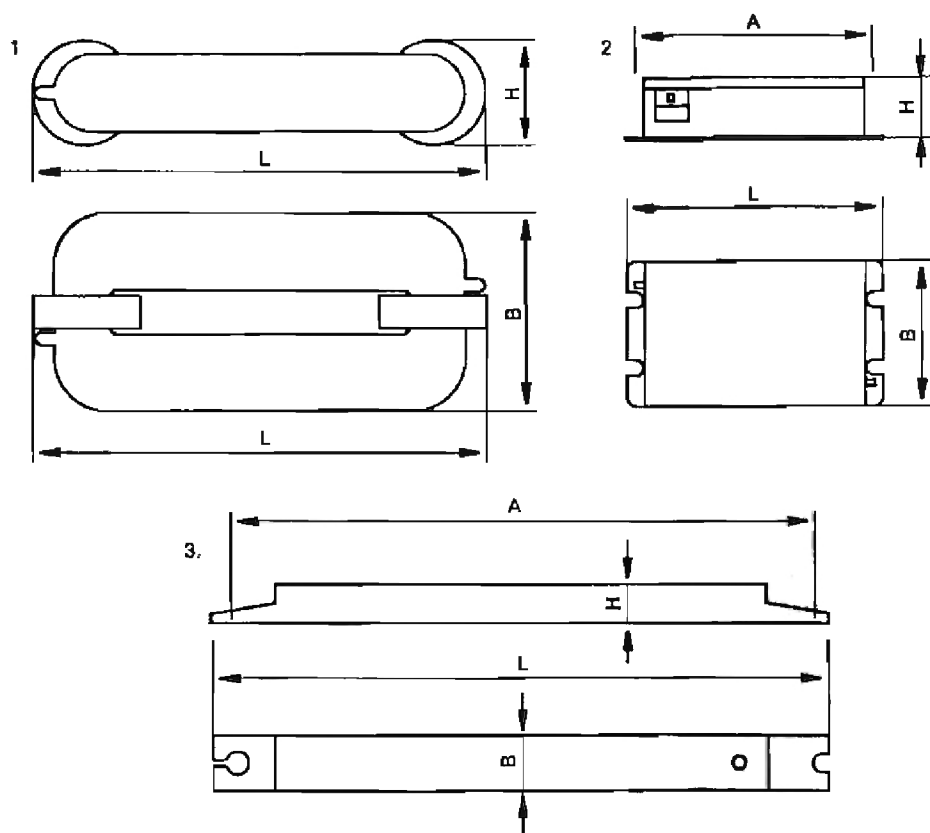


Рис. 1.33. Габаритные размеры лампы ENDURA®

Лампа OSRAM ENDURA® разработана специально для таких областей применения, в которых замена ламп представляет собой очень трудоемкий процесс, например, в наружном освещении, для промышленных цехов с высокими потолками или систем освещения в туннелях.

В области создания светильников с лампами ENDURA® особенно преуспела фирма «Адольф Шух» в г. Вормсе (Германия). Ее специалисты разработали светильники, предназначенные для экстремальных климатических условий в камерах глубокой заморозки, смонтировали в 1998 г. светотехническую систему, состоящую из ста светильников с лампами ENDURA® по 150 Вт, в цехе хлорного газа химического объединения «Buna-Leuna-Olefinverbund» и создали взрывозащищенные светильники класса f «повышенная безопасность».

В США и Канаде OSRAM известна под именем SYLVANIA, а безэлектродная ИЛЛ ENDURA® называется ICETRON.

Цена комплекта ENDURA® составляет около 150 евро.



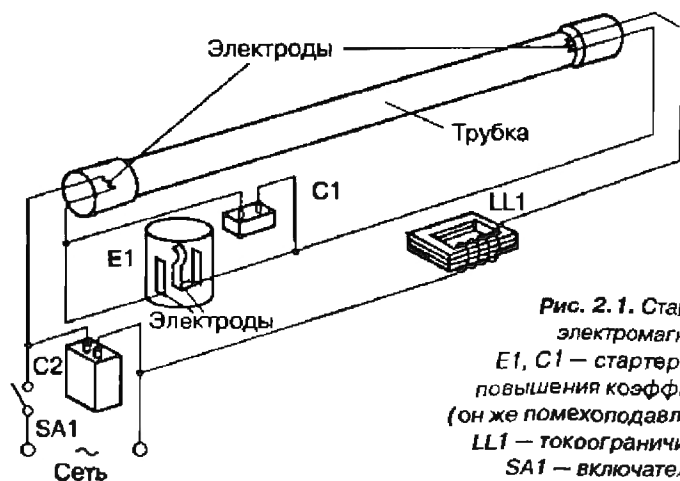
*Рис. 1.34. Примеры применения безэлектродных ИЛЛ*

## ПУСКРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ, ИЛИ КАК ПРАВИЛЬНО ЗАЖЕЧЬ И ПИТАТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ

### 2.1. Электромагнитные ПРА. Принцип работы и недостатки

Как мы уже знаем, для нормальной работы ЛЛ необходим пускорегулирующий аппарат (сокращенно ПРА) — электротехническое устройство, обеспечивающее режимы зажигания и нормальной работы люминесцентной лампы. ПРА работает в электрической цепи с ЛЛ и служит, главным образом, для стабилизации тока при разряде в ЛЛ.

Наиболее распространенной и простой схемой включения люминесцентной лампы является стартерная (с простым индуктивным сопротивлением — дросселем, рис. 2.1).



**Рис. 2.1.** Стартерная схема электромагнитного ПРА:

*E1, C1 — стартер; C2 — служит для повышения коэффициента мощности (он же помехоподавляющий) конденсатор; LL1 — токоограничительный дроссель; SA1 — включатель/выключатель.*

Рассмотрим принцип работы схемы. Холодная люминесцентная лампа EL имеет высокое сопротивление между своими электродами. Поэтому при включении напряжение сети, проходя через накальные электроды лампы, целиком падает на ключевом элементе стартера. Ключевой элемент — это небольшая неоновая лампочка, имеющая два электрода. Один из электродов жесткий и неподвижный, а другой — биметаллический (могут быть и оба биметаллическими в зависимости от типа стартера), изгибающийся при нагреве и замыкающий цепь в нагретом состоянии. В холодном состоянии он разомкнут. Поскольку на электродах этого ключа появляется разность электрических потенциалов, газ в колбе стартера ионизируется и разогревает биметаллическую пластинку. В какой-то момент ключ стартера замыкается, и появившийся в цепи электрический ток начинает «накачивать» в дроссель L энергию. Кроме того, этот ток разогревает электроды люминесцентной лампы. Разогретым электродам присущ эффект термоэлектронной эмиссии, широко использующийся в электронных лампах, кинескопах, вакуумных индикаторах. Итак, в наполняющем баллон лампы газе появляются свободные заряды. Одновременно с этим, после замыкания ключевого элемента стартера, разряд в нем гаснет, биметаллическая пластина остывает и затем ключ размыкается. Энергия, накопленная в индуктивном элементе L, переходит в заряд конденсатора C. Резонансный бросок напряжения на конденсаторе, величина которого превышает напряжение питания, достаточен для полной ионизации газа внутри колбы люминесцентной лампы и ее зажигания. Зажигание характеризуется резким падением сопротивления газового промежутка люминесцентной лампы. После зажигания стартер оказывается отключенным, поскольку его сопротивление много больше сопротивления горячей лампы. Дроссель же, являясь индуктивным сопротивлением, поддерживает рабочее напряжение на электродах лампы (ограничивает ток, проходящий через лампу). Если по каким-либо причинам лампа не зажигается (например, слишком рано происходит размыкание биметаллика), лампа входит в аварийный режим работы, который сопровождается вспышками фальстарта.

Данная схема, как и другие классические электромагнитные пускорегулирующие аппараты, имеют ряд существенных недостатков:

- предное и неприятное мерцание 100 Гц, а в приэлектродных областях — 50 Гц (лампа питается переменным напряжением низкой частоты, и в паузах, при переходе сетевого напряжения через ноль,

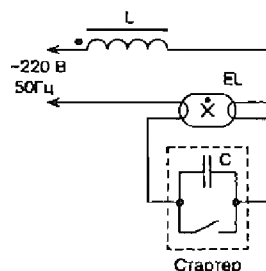


Рис. 2.2. Упрощенная электрическая схема

газ успевает деионизироваться, что можно описать как характерное мерцание);

- наличие громоздкого (а в ряде случаев и весьма шумного) дросселя и ненадежного стартера, а вышедший из строя стартер вызывает фальстарт лампы (визуально — несколько вспышек перед стабильным зажиганием). В свою очередь, фальстарт резко снижает срок службы люминесцентной лампы;
- повышенный уровень шума и тепловыделения, возникающего при работе дросселя;
- низкий коэффициент мощности (высокая мощность потерь);
- нестабильность светового потока при колебаниях напряжения сети.

Первым шагом по модернизации электромагнитного ПРА и устранение некоторых его недостатков является замена обычного стартера на электронный.

## 2.2. Электронные стартеры

Наиболее простым решением повышения надежности работы электромагнитного ПРА является замена обычного биметаллического стартера на электронный.

Электронный стартер конструктивно полностью совместим с обычным биметаллическим стартером (или стартером тлеющего разряда), и поэтому его установка не вызовет затруднений.

По сравнению с обычным стартером электронный имеет ряд преимуществ:

- надежный поджиг лампы;
- фиксированное время прогрева лампы, определяемое частотой питающей сети (либо задается программно);
- увеличенный срок службы благодаря отсутствию механических частей;
- отсутствие электромагнитных помех;
- автоматический сброс при перебоях в напряжении питания;
- широкий диапазон рабочих температур (от  $-30$  до  $+85$  °С);
- защита от перегрузок по току;
- отключение стартера при старении лампы, что позволяет избежать перегрева балластного устройства.

Электронные стартеры выпускают многие фирмы; наиболее известная на нашем рынке — это PHILIPS, которая выпускает электронные стартеры следующих типов:

- S2-E для ламп мощностью 18...22 Вт;
- S10-E для ламп мощностью 30...65 Вт (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Внешний вид электронного стартера S10-E

Фирма OSRAM тоже выпускает электронные стартеры под названием DEOS ST 171 и DEOS ST 173:

- DEOS ST 171 для ламп мощностью 32...58 Вт;
- DEOS ST 173 для ламп мощностью 15...30 Вт.

На рис. 2.4 показан внешний вид электронных стартеров DEOS.



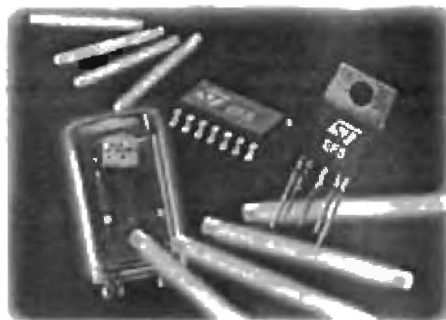
Рис. 2.4. Внешний вид электронных стартеров DEOS

Схемотехнически электронный стартер в большинстве случаев содержит два основных функциональных узла:

- схему управления;
- высоковольтный коммутационный узел.

Например, специализированная микросхема электронного стартера UBA2000T (фирмы PHILIPS) и высоковольтный тиристор TN22

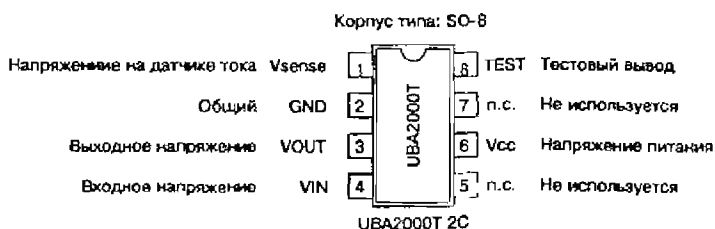
(фирмы STMicroelectronics). Либо EFS2A-CD и EFS21-TL5 из так называемого набора микросхем EFS STARLIGHT KIT (рис. 2.5) от фирмы STMicroelectronics (<http://www.st.com>).



**Рис. 2.5.** Внешний вид EFS2A-CD и EFS21-TL5 из набора микросхем EFS STARLIGHT KIT

Рассмотрим более подробно электронный стартер, реализованный на специализированной микросхеме фирмы PHILIPS — UBA2000T.

UBA2000T представляет собой интегральную схему, используемую в электронных стартерах для люминесцентных ламп, предназначенных для замены обыкновенных биметаллических стартеров.



Микросхема управляет предварительным прогревом электродов лампы и ее поджигом. Время прогрева лампы строго определено путем использования делителя частоты питающей сети. При выходе лампы из строя схема автоматически отключается после семи неудачных попыток поджига, предотвращая таким образом возможность перегрева балластного устройства. В случае возникновения перебоев в напряжении питания схема автоматически сбрасывается в исходное состояние и обеспечивает повторный поджиг лампы.

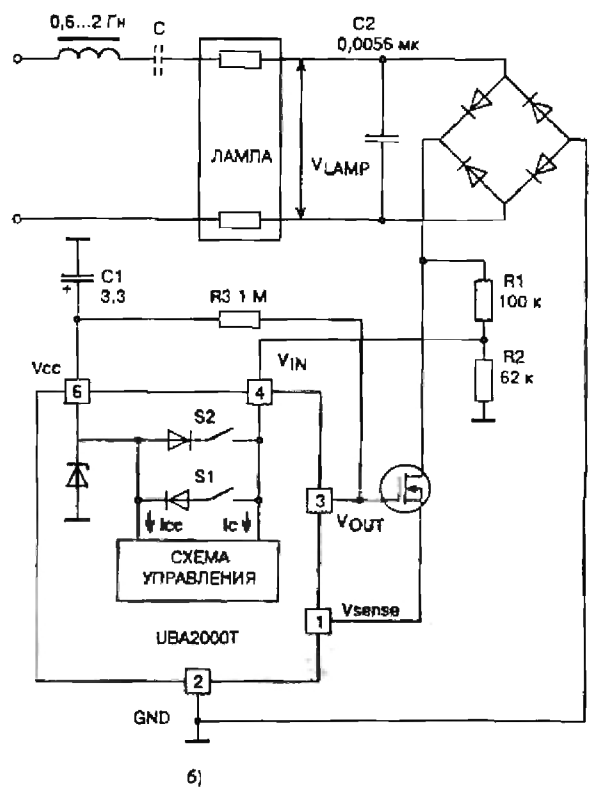
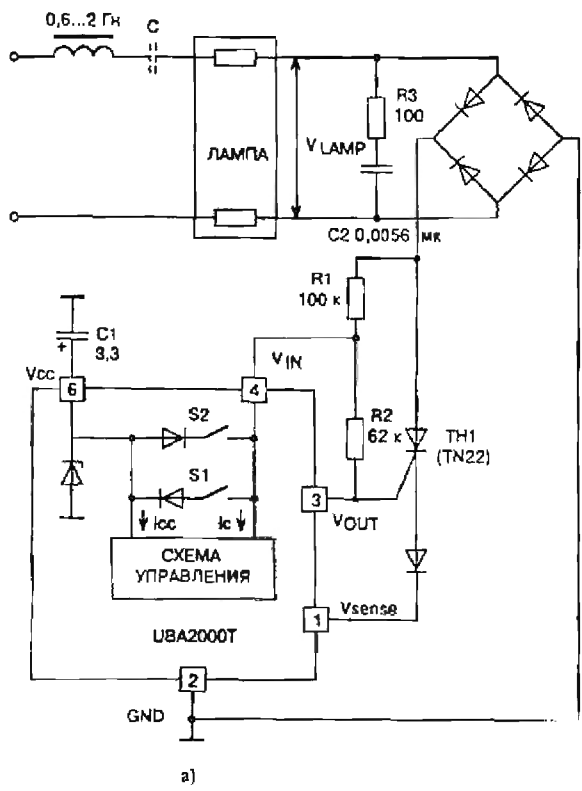


Рис. 2.6. Схемы включения микросхемы UBA2000T



Микросхема UBA2000T обеспечивает выполнение последовательности действий, необходимых для поджига люминесцентной лампы. Способы включения микросхемы в цепи питания лампы приведены на рис. 2.6.

Сетевое напряжение выпрямляется и делится при помощи внешних резисторов R1 и R2 до необходимого уровня. При включении питания буферный конденсатор C1 заряжается через резистивный делитель и внутренний ключ S1; напряжение на конденсаторе используется для

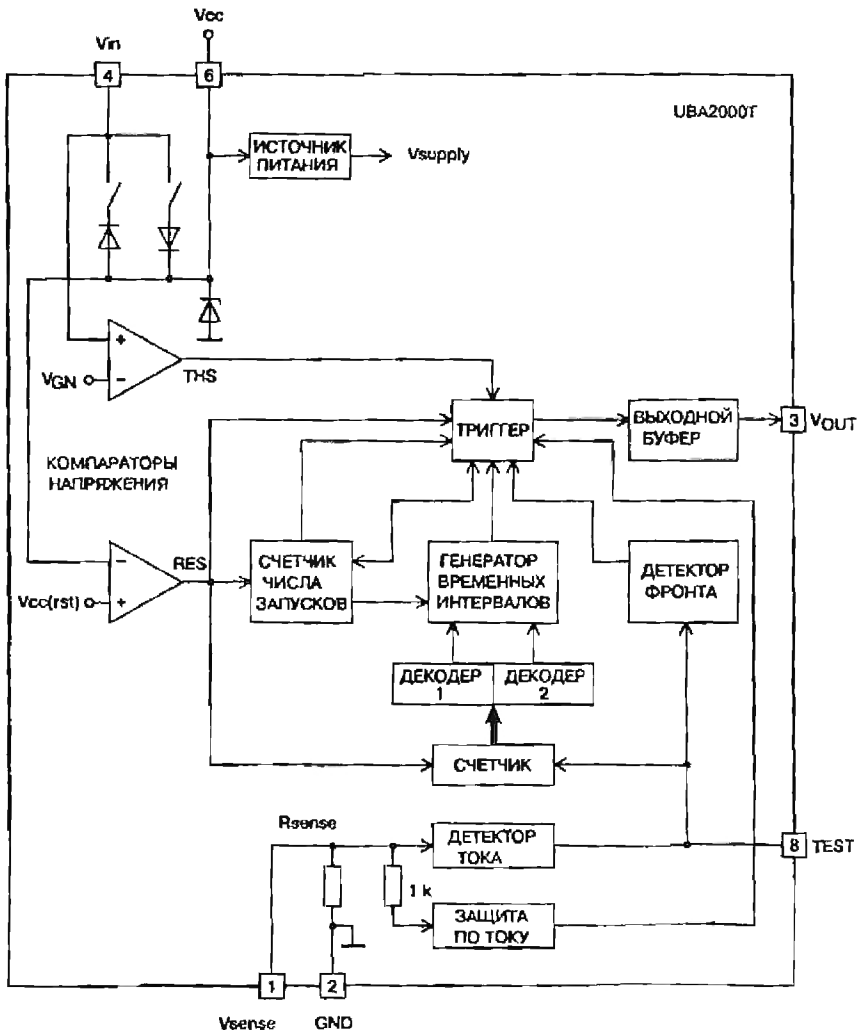


Рис. 2.7. Функциональная блок-схема UBA2000T

питания микросхемы. До тех пор, пока напряжение на буферном конденсаторе  $V_{CC}$  не превысит пускового уровня  $V_{CC}(rst)$ , осуществляется инициализация внутренних цепей микросхемы.

Когда напряжение питания  $V_{CC}$  достигнет порога запуска  $V_{CC}(rst)$  и пиковое значение  $V_{IN}$  станет больше  $V_{IGN}$  (то есть сетевое напряжение находится вблизи своего пикового значения), происходит открывание внешнего силового ключа. В результате через электроды лампы, силовой ключ и интегральный датчик тока начинает протекать ток прогрева электродов лампы.

На протяжении всего периода времени, пока замкнут внешний силовой ключ, питание микросхемы осуществляется за счет буферного конденсатора С1. Типичная форма напряжения на выводе 6 ( $V_{CC}$ ) представлена на рис. 2.8.

На протяжении периода прогрева электродов лампы происходит разряд конденсатора.

Напряжение с токоизмерительного резистора поступает на компаратор, выходной сигнал которого используется в качестве тактового сигнала для внутреннего счетчика. Этим счетчиком определяется время прогрева электродов лампы, равное 1,52 с при частоте питающей сети 50 Гц. Благодаря использованию счетчика время прогрева выдерживается очень точно, так как зависит только от частоты питающей сети.

После предварительного прогрева электродов лампы внешний силовой ключ размыкается в момент времени, когда напряжение на токоизмерительном резисторе соответствует протекающему току не менее 285 мА. В результате прерывания тока в цепи, содержащей индуктивную

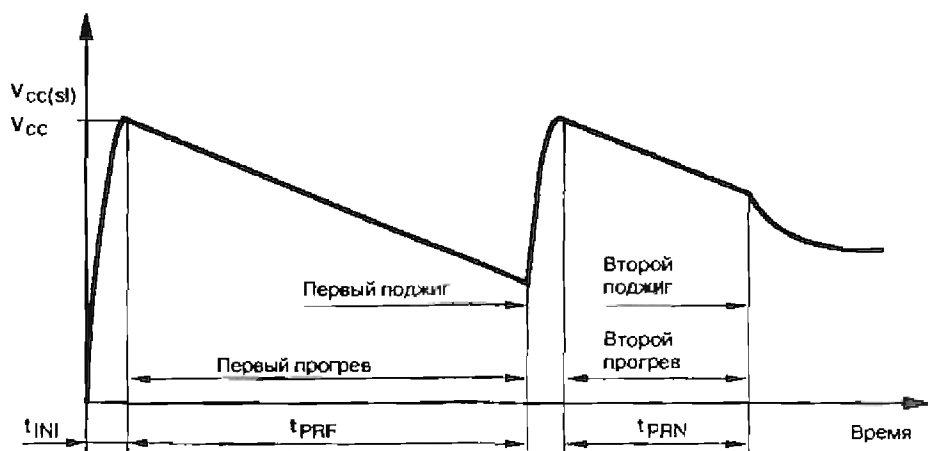


Рис. 2.8. Напряжение на выводе 6 ( $V_{CC}$ )

нагрузку, происходит генерация высоковольтного импульса, который осуществляет поджиг люминесцентной лампы.

После успешного поджига лампы напряжение на ней становится значительно ниже сетевого. В результате напряжение питания микросхемы не превышает порогового уровня, необходимого для ее работы.

На рис. 2.8 приведена форма напряжения питания микросхемы при поджиге лампы после второй попытки.

Во время прогрева электродов лампы питание микросхемы осуществляется за счет энергии, запасенной в буферном конденсаторе, и напряжение питания постепенно снижается. Если после подачи высоковольтного импульса не произошло поджига лампы, то внешний силовой ключ остается закрытым, и напряжение на буферном конденсаторе снова повышается выше стартового уровня. Внешний силовой ключ снова замыкается и начинается следующий цикл прогрева и поджига лампы. При всех последующих попытках поджига, кроме первой, время прогрева уменьшено до 0,64 с, поскольку электроды лампы еще не остыли после предыдущих неудачных попыток поджига. Внутренний счетчик ограничивает число неудачных попыток поджига до 7. Это предотвращает мигание лампы в конце срока ее службы.

Микросхема UBA2000T содержит встроенные цепи защиты по току. Когда ток через резистор датчика превышает порог защиты ( $I_{PROT}$ ), силовой ключ закрывается, и микросхема переходит в режим покоя. Выключение и повторное включение напряжения питания приводят к сбросу цепей защиты.

Диаграмма состояний микросхемы в процессе поджига лампы приведена на рис. 2.9.

### Источник питания

При подаче напряжения питания на микросхему происходит заряд буферной емкости и разрешается работа внутреннего источника тока. Внутреннее напряжение питания микросхемы стабилизировано и не зависит от напряжения на буферном конденсаторе. Встроенный стабилизатор ограничивает напряжение на выводе 6 ( $V_{CC}$ ) на уровне  $V_{CC}(s)$ .

### Компараторы напряжения

Компараторы отслеживают напряжение на буферном конденсаторе и разрешают работу внутренних цепей микросхемы при достижении напряжением питания стартового уровня —  $V_{CC}(s)$ . Для первоначальной

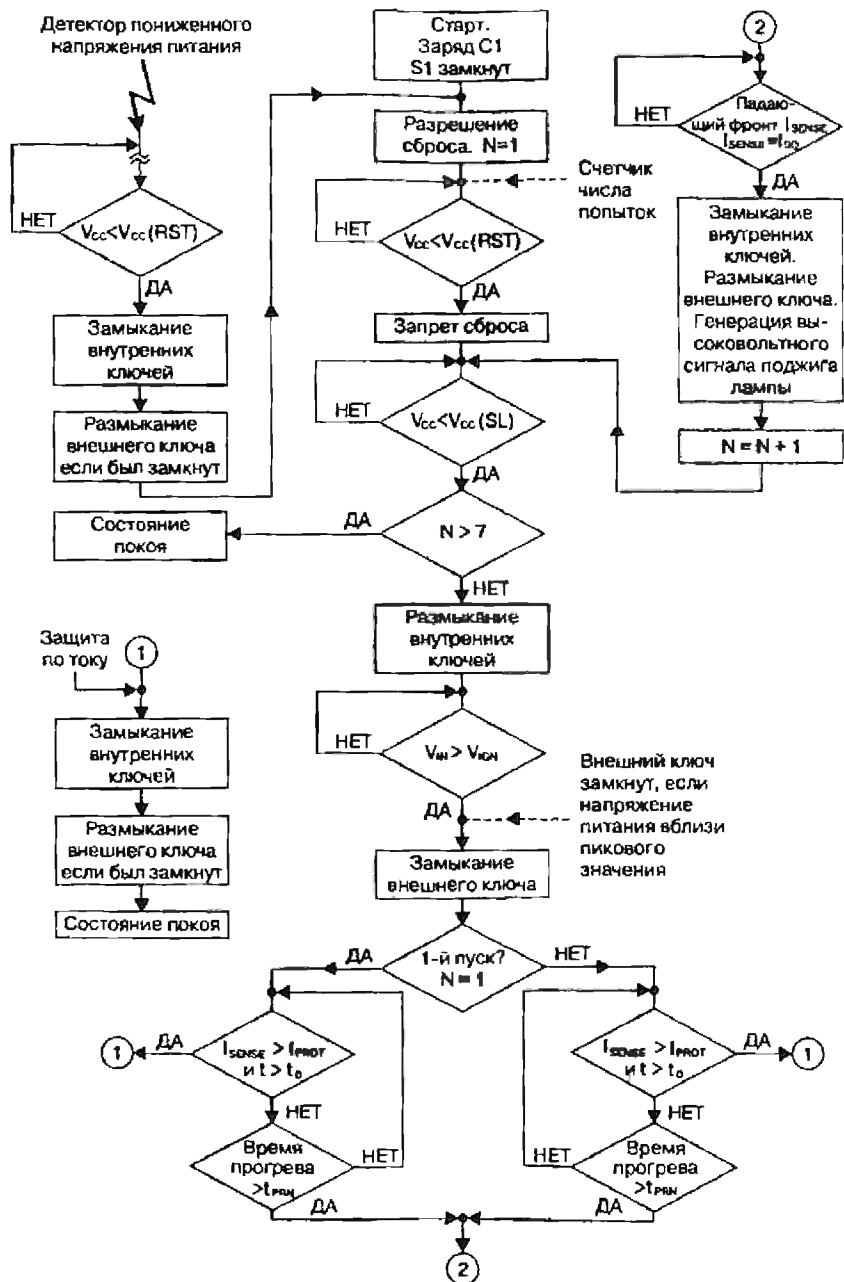


Рис. 2.9. Диаграмма состояний микросхемы UBA2000T в процессе поджига лампы

чальной зарядки конденсатора требуется некоторый период времени  $t_{IN1}$  (см. рис. 2.8). Это время зависит от номинала конденсатора  $C1$ , тока потребления микросхемы и сопротивления внешнего делителя на входе  $V_{IN}$  ( $R1 || R2$ ). После заряда конденсатора  $C1$  и при условии, что сетевое напряжение находится вблизи своего максимального значения, генерируется импульс тока, открывающий внешний силовой ключ.

В случае если напряжение питания падает до уровня, указывающего на отсутствие сетевого напряжения, внутренние цепи микросхемы сбрасываются, и она становится готова для осуществления прогрева и пуска лампы при повторном включении сетевого напряжения.

### Триггер

Состояние внутреннего триггера отражает состояние внешнего силового ключа. Процесс установки триггера определяется состоянием компараторов напряжения, счетчика числа поджигов и режимом покоя микросхемы. Сброс триггера управляется таймером, датчиком тока и цепями защиты по току.

### Датчик тока

Датчик тока управляет моментом выключения силового ключа и осуществляет генерацию тактовых импульсов для управления внутренними счетчиками микросхемы (рис. 2.10).

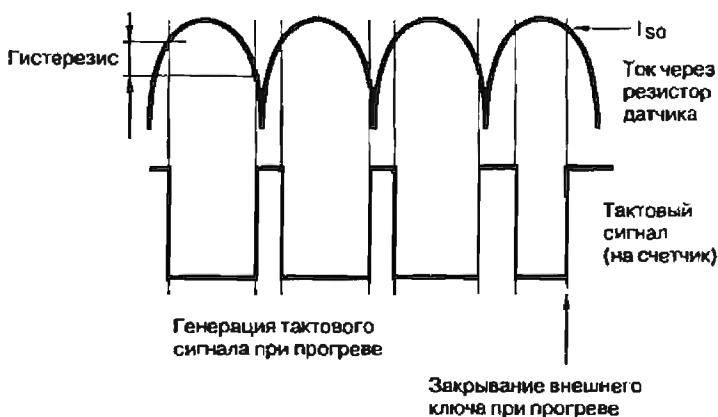


Рис. 2.10. Генерация тактовых импульсов

Для правильной работы ток прогрева электродов лампы должен находиться в пределах допустимого диапазона  $I_{PR}$ . Благодаря некоторому гистерезису отдельные пики тока прогрева электродов не оказывают влияния на состояние счетчика. Кроме того, цепи датчика тока осуществляют дополнительную низкочастотную фильтрацию сигнала, устраняющую влияние коротких импульсов тока на время прогрева электродов лампы.

### Датчик фронта

Датчик фронта обеспечивает закрывание внешнего силового ключа на падающем фронте выпрямленного тока прогрева.

### Счетчик

При подаче на счетчик тактового сигнала с удвоенной частотой питающей сети счетчик задает длительность первого прогрева электродов лампы и, если необходимо, длительность последующих шести прогревов.

### Схема управления временем прогрева

В зависимости от состояния счетчика числа запусков выбирается большое ( $t_{PRF} = 1,25$  с) или малое ( $t_{PRN} = 0,64$  с) время прогрева.

### Счетчик числа запусков

Число запусков подсчитывается отдельным счетчиком. После семи неудачных попыток запуска микросхема переводится в состояние покоя. В состоянии покоя потребляемый ток увеличивается, благодаря чему буферный конденсатор быстро разряжается при отключении стартера от источника питания. Это обеспечивает автоматический сброс стартера при «горячей» замене неисправной лампы.

### Цепи защиты по току

Если ток через измерительный резистор превышает пороговое значение  $I_{PROT}$ , внешний силовой ключ закрывается. На протяжении несколь-

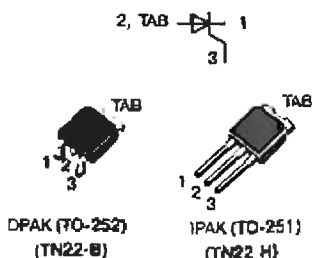
ких первых периодов открытого состояния силового ключа (времени блокировки  $t_D$ ) работа цепей защиты по току запрещается. Благодаря этому переходные процессы при открывании ключа не приводят к срабатыванию цепей токовой защиты. В случае превышения током порогового значения происходит отключение силового ключа, и микросхема переводится в состояние покоя, предотвращая последующее открывание ключа. Из этого состояния микросхема может быть выведена только путем отключения напряжения питания.

### Выходной буфер

Выходной буфер предназначен для управления внешним тиристором с малым входным током либо мощным полевым транзистором. В процессе включения микросхемы на ее выходе поддерживается низкий уровень, предотвращающий открывание силового ключа.

### Силовой ключ на тиристоре

Как уже упоминалось, UBA2000T может работать совместно с высоковольтным тиристором TN22. Он представляет собой высококачественный несимметричный тиристор, изготовленный по высоковольтной *p-n-p-n* диффузионной планарной технологии. Производитель — фирма STMicroelectronics ([www.st.com](http://www.st.com)). Тиристор выпускается в пластмассовых корпусах IPAK (TO-251), DPAK (TO-252) и предназначен для использования в электронных пусковых устройствах люминесцентных ламп.



#### Основные технические характеристики тиристора TN22:

напряжение лавинного пробоя  $V_{BR}$  ..... 1200...1500 В;  
 ток удержания в открытом состоянии  $I_H$ , не менее ..... 175 мА;  
 управляющий ток  $I_{GT}$ , не более ..... 1,5 мА.

Максимальные значения параметров и режимов TN22:

повторяющееся значение напряжения в закрытом состоянии (при температуре кристалла $T_j = 110^\circ\text{C}$ ) $V_{\text{DRM}}$ .....	400 В;
среднеквадратичное значение тока открытого тиристора (при угле проводимости $180^\circ$ и температуре корпуса $T_C = 95^\circ\text{C}$ ) $I_T$ (rms) .....	2 А;
среднее значение тока открытого тиристора (при угле проводимости $180^\circ$ и температуре корпуса $T_C = 95^\circ\text{C}$ ) $I_T$ (av) ..	1,8 А;
неповторяющееся пиковое значение тока открытого тиристора (при начальной температуре перехода $T_j = 25^\circ\text{C}$ ):	
• при $t_p = 8,3$ мс .....	22 А;
• при $t_p = 10$ мс .....	20 А;
предельное значение $I_{2t}$ при $t_p = 10$ мс .....	2 А $^2$ ·с;
критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии (при $I_G = 5$ мА и $dI_G / dt = 70$ мА/мкс) .....	50 А/мкс;
рабочая температура кристалла $T_j$ .....	-40...+110 °С;
температура хранения $T_{\text{STG}}$ .....	-40...+150 °С.

Типичный пример использования микросхемы совместно с тиристором с малым входным током (типа TN22), используемым в качестве внешнего силового ключа, приведен на рис. 2.6,а. При этом резистивный делитель входного напряжения подключается не к общему проводу, а к управляющему электроду внешнего ключа. Поскольку напряжение на управляющем электроде ключа мало, это не приводит к заметному изменению коэффициента деления.

Выходной буферный усилитель осуществляет генерацию импульса тока, необходимого для открывания внешнего ключа ТН1. Этот импульс тока синхронизирован с напряжением на выводе 4 ( $V_{\text{IN}}$ ). Силовой ключ открывается, когда напряжение  $V_{\text{IN}}$  достигнет уровня  $V_{\text{IGN}}$ . При этом ток через делитель R1 и R2 является составной частью тока, необходимого для открывания ключа. Если необходимо, то импульс тока повторяется каждые полпериода сетевого напряжения. Когда требуется закрыть внешний ключ, выходной буфер способен обеспечить большой втекающий ток, необходимый для надежного закрывания ключа.

Иногда бывает необходимо ограничить импульсный ток, протекающий при открывании ключа за счет разряда помехоподавляющего конденсатора С2. Для этого последовательно с конденсатором может быть включен резистор R3.



### Силовой ключ на полевом транзисторе

Типовая схема использования микросхемы UBA2000T совместно с силовым ключом на полевом транзисторе приведена на рис. 2.6, б. В этом случае резистивный делитель подключается к общему проводу. Выходной буфер микросхемы работает аналогично предыдущему случаю. Импульс выходного тока заряжает затвор полевого транзистора. В результате транзистор открывается. Для удержания транзистора в проводящем состоянии используется высокоомный резистор, включенный между затвором транзистора и буферным конденсатором C1. Необходимость этого резистора вызвана тем, что выходной ток носит импульсный, а не непрерывный характер. Необходимо отметить, что использование резистора приводит к увеличению тока разряда буферной емкости C1.

Внутренний стабилитрон ограничивает напряжение на выходе микросхемы, а, следовательно, и на затворе полевого транзистора на уровне приблизительно 6,8 В.

Обе схемы применения требуют использования силового ключа с напряжением пробоя  $V_{(BR)AC}$  или  $V_{(BR)DS}$ , превышающим напряжение поджига люминесцентной лампы.

В табл. 2.1 приведены предельные значения параметров микросхемы UBA2000T.

Предельные значения параметров микросхемы UBA2000T

Таблица 2.1

Символ	Параметр	Условия	Значение		Единица измерения
			не менее	не более	
$V_{out}$	Выходное напряжение	См. примеч. 1	—	6	В
$V_{IN}$	Входное напряжение	См. примеч. 2	—	125	В
$V_{test}$	Напряжение на тестовом выводе	—	—	6	В
$U_{SENSE}$	Ток через резистор датчика тока	См. примеч. 3	—	6	А
$P_{tot}$	Суммарная мощность рассеяния	—	—	395	мВт
$T_{SIG}$	Температура хранения	—	-55	150	°С
$T_{AMB}$	Рабочая температура окружающей среды	—	-40	85	°С

- Примечания.** 1. Вывод подключен к внутреннему стабилитрону с напряжением пробоя около 6,8 В.  
 2. Вывод подключен к внутреннему стабилитрону с напряжением пробоя 130...230 В. Ток через вывод должен быть ограничен на уровне 10 мА.  
 3. Импульсное значение при длительности импульса 2 мс

Набор микросхем EFS STARLIGHT KIT фирмы STMicroelectronics ([www.st.com](http://www.st.com)) по своим функциональным возможностям и принципу работы схож с рассмотренной ранее UBA2000T.

Разработчики из STMicroelectronics разделили электронный стартер следующим образом: в микросхеме EFS2A-CD разместили все функциональные низковольтные узлы (генератор, детектор, счетчик, компаратор), а в микросхеме EFS21-TL5 — все силовые высоковольтные узлы (выходной буфер, высоковольтный коммутатор с цепочкой защиты) и источник питания для низковольтной EFS2A-CD (рис. 2.11, 2.12).

В отличие от UBA2000T электронный стартер, реализованный на EFS2A-CD и EFS21-TL5, работает только с индуктивным балластом.

В зависимости от использования микросхемы EFS2A-CD или EFS2B-CD будут доступны следующие интервалы прогрева электродов ЛЛ:

- для EFS2A-CD: если вывод 2 микросхемы на земле — 1,5 с, если на  $V_{CC}$  — 2,65 с;
- для EFS2B-CD: если вывод 2 микросхемы на земле — 0,74 с, если на  $V_{CC}$  — 1,24 с.

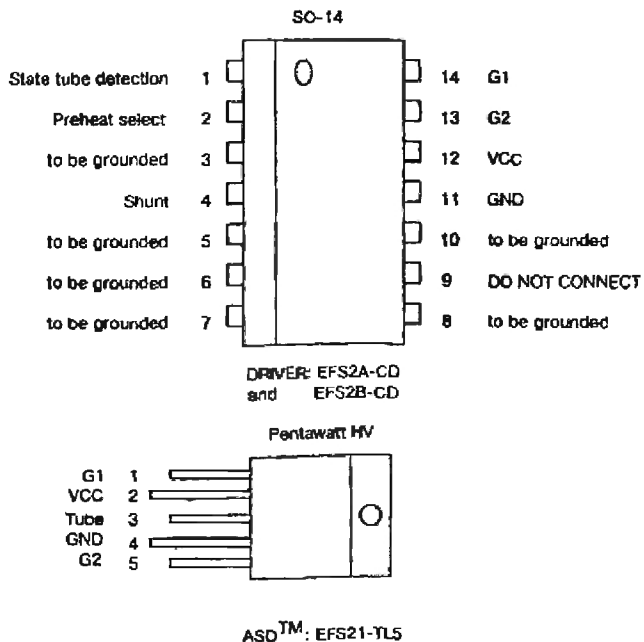


Рис. 2.11. Назначение выводов микросхем EFS2A-CD и EFS21-TL5

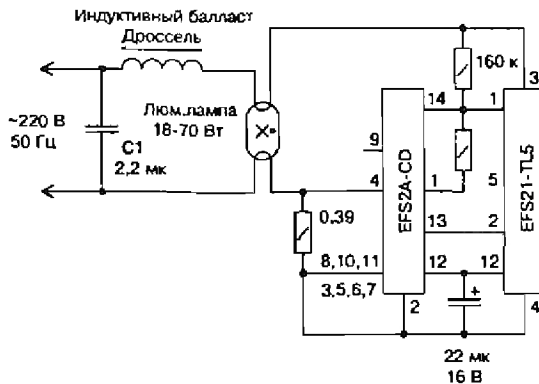


Рис. 2.12. Типовая схема включения EFS2A-CD и EFS21-TL5

Электронный стартер, являясь составной частью электромагнитного ПРА, позволяет улучшить и облегчить процесс поджига ЛЛ, но решить все проблемы с питанием ЛЛ возможно только с помощью электронного высокочастотного ПРА.

### 2.3. Электронный ПРА — балласт, с которым не утонешь

Широкое использование электронных ПРА (они же ЭПРА, они же электронные балласты) связано с рядом их существенных достоинств и преимуществ по сравнению с электромагнитными ПРА.

Разделим их на четыре группы.

#### 1. Влияние на здоровье:

- приятный немерцающий свет без стробоскопических эффектов и отсутствие шума благодаря работе в высокочастотном диапазоне (30...100 кГц);
- слабое электромагнитное поле.

#### 2. Комфортность:

- надежное и быстрое (без мигания) зажигание ламп;
- стабильность освещения независимо от колебаний сетевого напряжения;
- возможность регулировки светового потока;
- отключение по истечении срока службы лампы.

#### 3. Экономичность:

- высокое качество потребляемой электроэнергии — близкий к единице коэффициент мощности благодаря потреблению синусоидального тока с нулевым фазовым сдвигом (при использовании активного корректора мощности);
- уменьшенное на 20% энергопотребление (при сохранении светового потока) за счет повышения светоотдачи лампы на повышенной частоте и более высокий КПД ЭПРА по сравнению с классическими электромагнитным ПРА;
- увеличенный на 50% срок службы ламп благодаря щадящему режиму работы и пуска;
- снижение эксплуатационных расходов за счет сокращения числа заменяемых ламп и отсутствия необходимости замены стартеров;
- дополнительное энергосбережение до 80% при работе в системах управления светом.

#### 4. Экологичность:

- меньшее количество отходов ламп (на 30%) за счет увеличения срока службы ЛЛ.

Добавим, что ЭПРА высоконадежны и служат так же долго, как и светильники. Например, по данным, полученным за время эксплуатации с 1983 года системы освещения франкфуртского аэропорта, где используются светильники с ЭПРА производства OSRAM, после 130 тыс. ч эксплуатации вышли из строя всего 4% из 50 тыс. ЭПРА. (При этом реальный срок службы ламп оставил 30 тыс. ч.) Это значит, что фактический срок службы ЭПРА намного выше заявленного.

Среди объектов, освещенных с применением электроники OSRAM в прежние годы, следует упомянуть также крупнейшее промышленное предприятие — завод фирмы **Wauer AG**, где установлено 150 тыс. ЭПРА для люминесцентных ламп.

Все это оборудование работает исключительно надежно в тяжелых производственных условиях. Новые системы освещения с использованием ЭПРА ассоциируются с лампами T5. К числу наиболее крупных объектов относятся магазины **ИКЕА** в Европе (100 тыс. ЭПРА), комплекс **Treptowers** в Берлине (30 тыс. ЭПРА), филиал «**S&A in Europa**» в Зальцбурге (15 тыс. ЭПРА). Последний проект позволил снизить энергозатраты в полтора раза, одновременно на 20% увеличив количество света.

На данный момент в США 55% всех балластов — электронные (что не удивительно в свете вступающего в силу с 2005 года закона), в Японии таковых 42%, в Германии — 40%, а в Европе столько же, сколько в Китае, — по 25%. Россия и страны СНГ, понятно, отстают (довольно сильно) и от западных, и от восточных соседей.

Попробуем устранить отставание и пробел знаний в этой области.



*Рис. 2.13. Вид завода Waueg AG ночью*

Рассмотрим принципы работы, проектирования и изготовления электронных балластов.

### **Простой электронный балласт на IR2153**

Рассмотрим принцип работы простого электронного балласта на IR2153. На структурной схеме электронного балласта (рис. 2.14) точка «А» подключается с помощью ключей Кл1 и Кл2 то к напряжению питания ( $U_{\text{п}} = +310 \text{ В}$ ), то к общему проводу. В результате в точке «А» возникают однополярные высокочастотные импульсы напряжения (частота коммутации обычно находится в пределах 30...100 кГц), которые, во-первых, зажигают лампу, а во-вторых, не дают газу деионизироваться (отсутствие мерцания). При таком методе пуска и управления полностью исключен фальстарт, поскольку лампа гарантированно коммутируется на постоянное напряжение, провалы которого принципиально отсутствуют. Сокращаются размеры индуктивного элемента. Регулировкой скважности (или фазы) импульсов коммутации можно добиться изменения яркости свечения. Чтобы зажечь лампу, нужно разогреть ее электроды. Поскольку в схеме электронного балласта отсутствует стартер, необходимо каким-то образом первоначально замкнуть силовую цепь, чтобы протекающий ток разогрел электроды, а затем схему пуска отключить. В

лампах небольшой мощности (единицы ватт) первоначальное замыкание цепи можно осуществить при помощи конденсатора  $C$ . Однако этот путь достаточно противоречив, поскольку для разогрева желательно иметь как можно большее значение емкости, в то время как для возникновения хорошего резонансного эффекта выбрать эту емкость слишком большой нельзя.

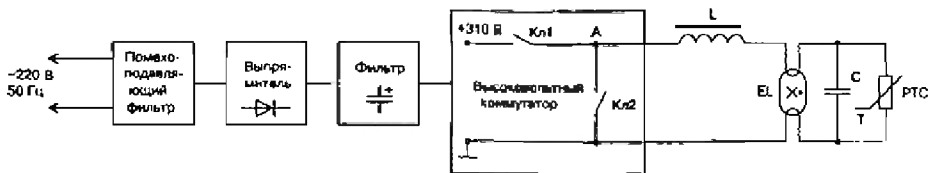


Рис. 2.14. Структурная схема электронного балласта

Разработчики поступили следующим образом. Они включили параллельно конденсатору термистор с положительным температурным коэффициентом PTC — позистор. В холодном состоянии сопротивление позистора мало, и ток разогревает электроды лампы. Вместе с электродами разогревается и позистор. При определенной температуре сопротивление позистора резко повышается, цепь разрывается, и индуктивный выброс зажигает лампу. Позистор шунтируется низким сопротивлением горячей лампы. Использование позистора позволяет лампе зажигаться плавно и снижает износ электродов, что продлевает срок службы лампы до 20 тыс. ч.

Существует также метод (более прогрессивный) предварительного прогрева катодов, заключающийся в том, что при прогреве частота драйвера выше резонансной частоты питания лампы. В результате лампа сначала прогревается и только после того, как частота драйвера снижается до резонансной, — поджигается.

Наиболее дешевые (китайско-польские) электронные балласты работают в автогенераторном режиме и собираются из дискретных элементов. Отсюда наличие нескольких сложных намоточных элементов — трансформаторов, большие габариты печатных плат, низкая надежность, сложность настройки.

Ведущие фирмы-разработчики выпускают довольно широкий перечень микросхем управления балластами. Существуют как микросхемы, требующие наличия внешних силовых транзисторов, так и модификации, в которых силовые ключи интегрированы в один корпус со схемой управления. Такие балласты довольно миниатюрны.

Совсем недавно появилось новое поколение микросхем управления электронными балластами, обладающее многими сервисными и защитными функциями. К сожалению, отечественные разработки микросхем управления электронными балластами находятся в зачаточном состоянии; поэтому приходится рассказывать лишь о том, как преуспели на этом рынке зарубежные фирмы-производители силовой электроники.

Фирма International Rectifier (<http://www.irf.com>) производит микросхемы IR2156, IR2157, IR2159, IR2166, IR2167, IR2520, требующие внешних силовых транзисторов, и микросхемы IR5x1xx с интегрированными силовыми ключами.

Фирма STMicroelectronics (<http://www.st.com>) производит микросхемы L6569, L6571, L6574.

Фирма Motorola — MC2151, MPIC2151, MC33157DW.

Фирма Unitrode (Texas Instruments) — UC3871, UC3872.

Фирма PHILIPS — UBA2014, UBA2021, UBA2024.

Микросхемы имеют цепь управления затвором верхнего ключевого транзистора с вольтодобавкой, защиту от сквозных токов (защитная пауза 1,2 мкс), узлы стабилизации внутреннего питания и защиту от пониженного напряжения сети. Кроме того, новое поколение микросхем MC33157DW, L6574, UBA2021, UBA2024, IR2157, IR2159, IR2166, IR2167, IR2520 реализует:

- возможность установки времени прогрева накальных электродов;
- возможность установки скорости зажигания лампы за счет введения плавающей задающей частоты;
- возможность установки задержки включения силовых ключей;
- дополнительную защиту от незажигания лампы и включение защитного режима в момент ее отказа;
- защиту при перегорании накальных электродов и контроль наличия вставленной лампы;
- защиту от зажигания на частоте ниже резонансной;
- защиту от падения сетевого напряжения;
- автоматический перезапуск при кратковременном пропадании сетевого напряжения;
- защиту от перегрева кристалла.

Кроме того, микросхема IR2159 является диммером — умеет регулировать яркость лампы (фазовый метод регулировки); IR2166, IR2167 имеют встроенный корректор коэффициента мощности.

Для упрощения и ускорения проектирования новых поколений электронных балластов (IR2156, IR2157, IR2159, IR2166, IR2167) к лампам разной мощности и типов разработаны как детальные рекомендации Reference Designs (<http://www.irf.com/forms/eldtk.html>), так и ПО САПР IRPLBDA2/3 (International Rectifier Lighting Ballast Design Software v.3),

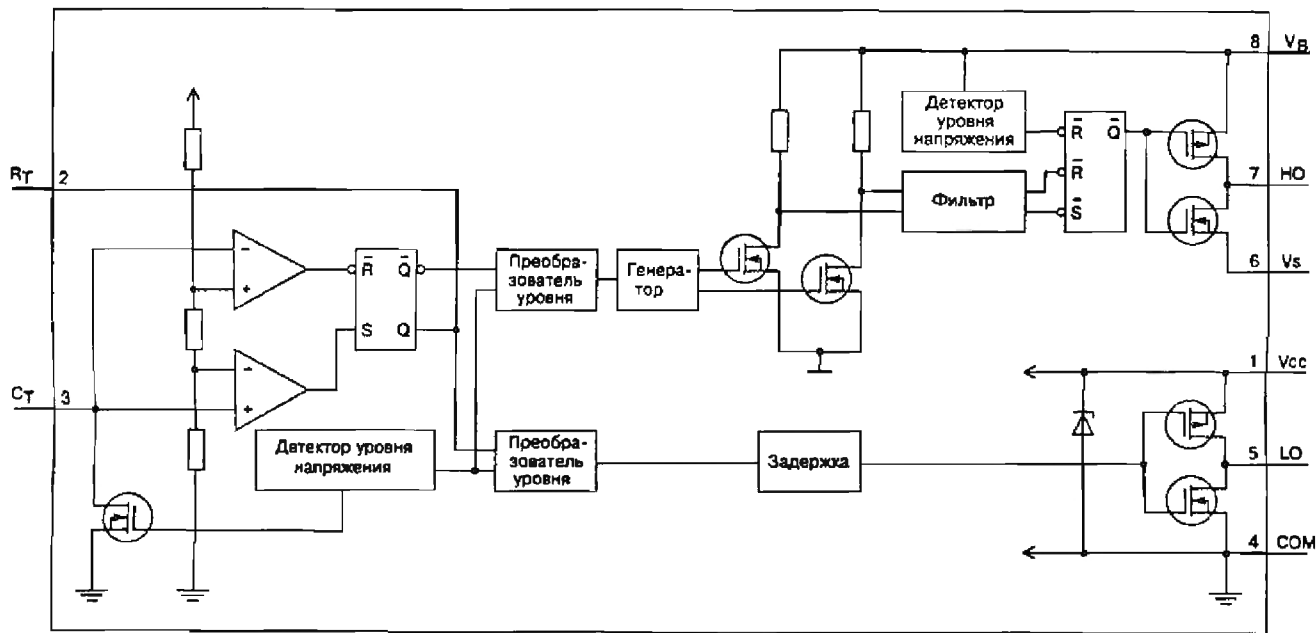


Рис. 2.15. Структурная схема ИМС IR2153



обеспечивающее почти полную автоматизацию проектирования вплоть до перечня элементов схемы. САПР сегодня поддерживает 36 типов ламп и 7 различных конфигураций балласта, а также дает возможность добавлять новые. Более чем 20 параметров, включая частоту, напряжение, ток и номиналы компонентов, выбираются пользователем. О проектировании с помощью этой программы будет рассказано ниже.

А мы пока рассмотрим простую схему электронного балласта на микросхеме IR2153 (IR2151) (рис. 2.15).

### Основные параметры IR2153:

максимальное напряжение на выводе $V_B$	
относительно общего провода	600 В;
напряжение питания ( $V_{CC}$ )	15 В;
ток потребления ( $I_{CC}$ )	5 мА;
максимальный ток управления $I_O$	+100 мА / -210 мА;
время включения ( $t_{on}$ )	80 нс;
время выключения ( $t_{off}$ )	40 нс;
пауза коммутации (задержка)	1,2 мкс.

Принципиальная электрическая схема электронного балласта, выполненного на основе IR2153, изображена на рис. 2.16.

IR2153 — это драйвер мощных полевых транзисторов с изолированным затвором (MOSFET), с внутренним генератором (он представляет собой точную копию генератора, использующегося в таймере серии 555, отечественный аналог — КР1006ВИ1), работающий непосредственно от шины постоянного напряжения через гасящий резистор R1. Внутренняя стабилизация напряжения предотвращает превышение напряжения  $V_{CC}$  выше 15,6 В, а блокировка по пониженному напряжению блокирует оба выхода управления затворами VT1 и VT2, когда напряжение  $V_{CC}$  ниже 9 В. DA1 имеет два управляющих выхода 7 и 5; нижний 5 для управления VT2 и верхний 7 «плавающий» («плавающий», т. к. формирователь импульсов управления полевым транзистором VT1 питается от плавающего источника питания, который образуют элементы VD2, C7), выход для управления VT1. При управлении силовыми ключами (VT1, VT2) микросхема IR2151 обеспечивает задержку коммутации продолжительностью 1,2 мкс для предотвращения ситуации, когда транзисторы VT1 и VT2 одновременно открыты и через них протекает сквозной ток, который моментально выводит оба транзистора из строя.

Данный балласт рассчитан на питание одной или двух ламп мощностью 40 (36) Вт (ток лампы — 0,43 А) от сети переменного тока 220 В 50 Гц.

При использовании двух ламп по 40 Вт необходимо добавить элементы, выделенные пунктиром (EL2, L3, C11, RK3). Следует заметить,

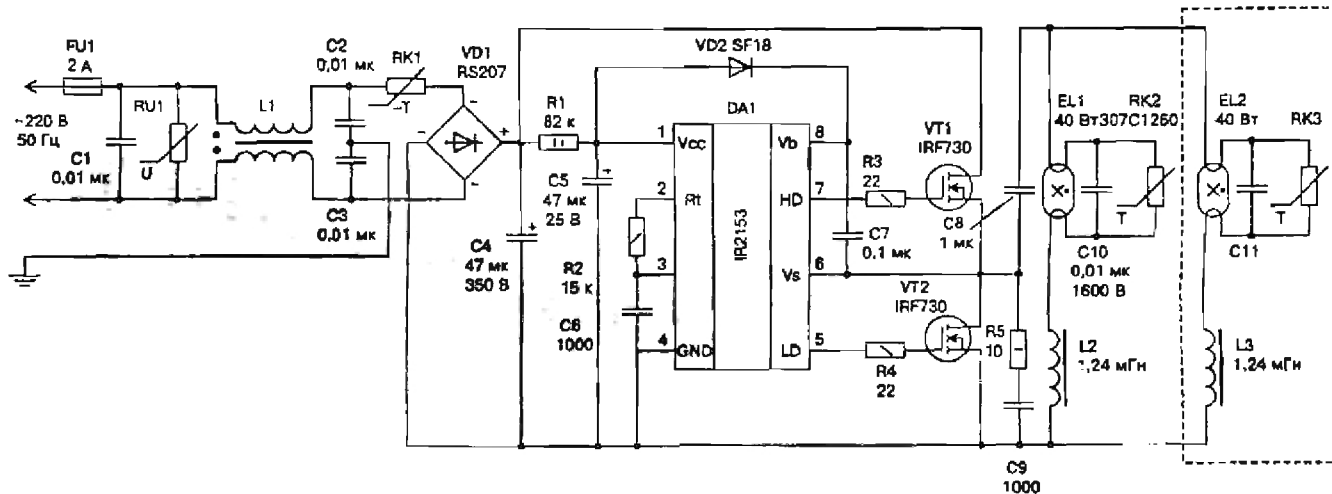


Рис. 2.16. Принципиальная электрическая схема электронного балласта, выполненного на основе IR2153

что для устойчивой работы номиналы элементов в параллельных ветвях должны быть равными ( $L3, C11 = L2, C10$ ), а длина проводов, подводимых к лампам, — одинаковой.

При работе одного драйвера на две лампы предпочтительнее использовать частотный прогрев электродов (без позисторов). Об этом способе будет рассказано ниже (при описании ЭПРА на микросхеме IR53HD420).

При использовании ламп другой мощности (18...30 Вт) следует изменить номиналы  $L2 = 1,8...1,5$  мГн (соответственно); при использовании ламп мощностью 60...80 Вт —  $L2 = 1...0,85$  мГн, а  $R2$  — из условия выполнения  $F_r = F_6$  (формулы расчета этих частот приведены ниже).

Напряжение сети 220 В поступает на сетевой фильтр (фильтр электромагнитной совместимости), образованный элементами  $C1, L1, C2, C3$ . Необходимость его применения вызвана тем, что ключевые преобразователи являются источниками электромагнитных радиочастотных помех, которые сетевые провода излучают в окружающее пространство как антенны. Действующие российские и зарубежные стандарты нормируют уровни радиопомех, создаваемых этими устройствами. Хорошие результаты дают двухзвенные LC-фильтры и экранировка всей конструкции.

На входе сетевого фильтра включен традиционный узел защиты от сетевых перенапряжений и импульсных помех, включающий варистор RU1 и предохранитель FU1. Терморезистор RK1 с отрицательным температурным коэффициентом (NTC) ограничивает бросок входного тока, обусловленный зарядом емкостного фильтра  $C4$  на входе инвертора при подключении электронного балласта к сети.

Далее напряжение сети выпрямляется диодным мостом VD1 и сглаживается конденсатором  $C4$ .

Цепочка R1C5 питает микросхему DA1 — IR2153.

Частота внутреннего генератора  $F_r$  микросхемы задается элементами  $R2 = 15$  кОм;  $C6 = 1$  нФ в соответствии с формулой

$$F_r = \frac{1}{1,4 \cdot (R2 + R_0) \cdot C6} = \frac{1}{1,4 \cdot (15 \cdot 10^3 + 75) \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 47,4 \text{ кГц.}$$

Резонансная частота балластной схемы  $F_6$  задается элементами  $L2 = 1,24$  мГн;  $C10 = 10$  нФ в соответствии с формулой

$$F_6 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L2 \cdot C10}} = \frac{1}{6,28\sqrt{1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-9}}} = 45,2 \text{ кГц.}$$

Для обеспечения хорошего резонанса требуется выполнение следующего условия: частота внутреннего генератора должна быть примерно равна резонансной частоте балластной схемы, т. е.  $F_r \approx F_6$ . В нашем случае это условие выполняется.

Элементы VD2, C7 образуют плавающий (бутстрепный) источник питания формирователя импульсов управления полевым транзистором VT.1. Элементы R5, C9 — демпфирующая цепь (snubber), предотвращающего зашелкивание (срабатывания паразитного тиристора в структуре КМОП драйвера) выходных каскадов микросхемы. R3, R4 — ограничительные затворные резисторы, ограничивают наведенные токи и тоже предохраняют выходные каскады микросхемы от зашелкивания. Увеличивать (в больших пределах) сопротивление этих резисторов не рекомендуется, т. к. это может привести к самопроизвольному открытию силовых транзисторов.

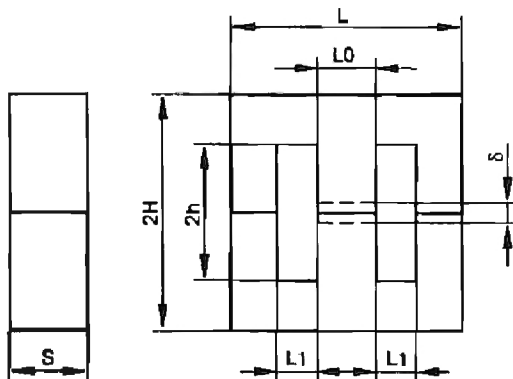
### Конструкция и детали

Дроссель сетевого фильтра L1 намотан на ферритовом кольце K32x20x6 M2000HM двухжильным сетевым проводом до полного заполнения окна. Возможна замена на дроссель от ПФП блока питания телевизора, видеомагнитофона, компьютера. Хорошие результаты помехоподавления дают специализированные фильтры EPCOS: B8414-D-B30, B8410-B-A14.

Дроссель электронного балласта L2 выполнен на Ш-образном магнитопроводе из феррита M2000HM. Типоразмер сердечника Ш5x5 с зазором  $\delta = 0,4$  мм. Величина зазора в нашем случае — это толщина прокладки между соприкасающимися поверхностями половинок магнитопровода. Возможна замена магнитопровода на Ш6x6 с зазором  $\delta = 0,5$  мм; Ш7x7 с зазором  $\delta = 0,8$  мм. Для изготовления зазора необходимо проложить прокладки из немагнитного материала (нефольгированный стеклотекстолит или гетинакс) соответствующей толщины между соприкасающимися поверхностями половинок магнитопровода и скрепить эпоксидным клеем. От величины немагнитного зазора зависит величина индуктивности дросселя (при постоянном количестве витков). При уменьшении зазора индуктивность возрастает, при увеличении — уменьшается. Уменьшать величину зазора не рекомендуется, т. к. это приводит к насыщению сердечника. При насыщении сердечника его относительная магнитная проницаемость резко уменьшается, что влечет за собой пропорциональное уменьшение индуктивности. Снижение индуктивности вызывает ускоренный рост тока через дроссель, его нагрев и выход из строя. Ускоренно нарастающий ток через дроссель также вызывает ударные токовые перегрузки силовых ключей VT1, VT2, повышенные омические потери в ключах, их перегрев и преждевременный выход из строя.

Обмотка L2 — 143 витка провода ПЭВ-2 диаметром 0,25 мм. Межслойная изоляция — лакоткань. Намотка — виток к витку.

Основные размеры Ш-образных сердечников (состоят из двух одинаковых Ш-образных сердечников) из магнитомягких ферритов (по ГОСТ 18614–79) приведены в табл. 2.2.



Основные размеры Ш-образных сердечников

Таблица 2.2

Типоразмер сердечника	Основные размеры сердечника, мм						Длина магнитной линии $l_m$ , мм	Площадь поперечного сечения $S_c$ , мм <sup>2</sup>
	L	H	S	$l_0$	$l_1$	h		
Ш2,5×2,5	10	5	2,5	2,5	2	3,2	21,5	7,63
Ш3×3	12	6	3	3	2,5	4	26,4	10,5
Ш4×4	16	8	4	4	3,2	5,2	34,5	19,3
Ш5×5	20	10	5	5	4	6,5	43,1	30
Ш6×6	24	12	6	6	5	8	52,9	42,4
Ш7×7	30	15	7	7	6	9,5	62,9	62
Ш8×8	32	16	8	8	7,5	11,5	75,1	69,2
Ш10×10	36	18	10	10	8	13	83,8	100
Ш12×15	42	21	15	12	9	15	96,7	180
Ш16×20	54	27	20	16	11	19	123	321
Ш20×28	65	32,5	28	20	12	22	144	577

Зависимость индуктивности дросселя  $L_2$  от количества витков для различных сердечников (Ш5×5, Ш6×6, Ш7×7) приведена в табл. 2.3.

Измерения индуктивности дросселя  $L_2$  производились цифровым измерителем LCR типа E7-8.

Транзисторы VT1, VT2 — IRF720, мощные полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET — Metal Oxide Semiconductor Field

Зависимость индуктивности дросселя L2 от количества витков

Таблица 2.3

Ш5×5, зазор $\delta = 0,4$ мм, диаметр провода 0,31 мм		Ш6×6, зазор $\delta = 0,5$ мм, диаметр провода 0,35 мм		Ш7×7, зазор $\delta = 0,8$ мм, диаметр провода 0,45 мм	
Количество витков	Индуктив- ность, мГн	Количество витков	Индуктив- ность, мГн	Количество витков	Индуктив- ность, мГн
120	0,848	130	1,09	120	1,04
130	1,01	140	1,29	130	1,17
140	1,18	150	1,50	135	1,22
150	1,35	160	1,73	140	1,36
155	1,43	170	2,00	150	1,58
160	1,54	—	—	160	1,77
170	1,73	—	—	170	2,01
180	1,95	—	—	—	—
200	2,41	—	—	—	—

Effect Transistor; в отечественном варианте МОП ПТ — полевые транзисторы структуры металл—окисел—полупроводник); их параметры:

- постоянный ток стока ( $I_D$ ) ..... 3,3 А;
- импульсный ток стока ( $I_{DM}$ ) ..... 13 А;
- максимальное напряжение сток-исток ( $V_{DS}$ ) ..... 400 В;
- максимальная рассеиваемая мощность ( $P_D$ ) ..... 50 Вт;
- диапазон рабочих температур ( $T_j$ ) ..... от  $-55$  до  $+150$  °С;
- сопротивление в открытом состоянии ..... 1,8 Ом;
- общий заряд затвора ( $Q_G$ ) ..... 20 нКл;
- входная емкость ( $C_{ISS}$ ) ..... 410 пФ.

Не следует применять в высокочастотном блоке питания полевые транзисторы IRF840 и им подобные (с большой емкостью и зарядом затвора). В свое время я сам в попытке увеличить надежность блока совершил эту ошибку. Позже выяснилось, что основная причина перегрева и выхода из строя транзисторов в подобных блоках — вовсе не повышенное падение напряжения на канале открытого транзистора (через него течет небольшой ток, особенно при питании одной ЛЛ мощностью 18 Вт), а динамические потери энергии на перезарядку сравнительно большой выходной емкости транзистора и общего заряда затвора. Этот эффект замаскирован тем, что при правильной настройке контура L2C10 реактивная составляющая его сопротивления частично компенсирует емкостную часть выходного сопротивления транзисторов. Однако нарушение компенсации при выходе из строя лампы или в результате обрыва в ее цепи почти неизбежно приводит к перегреву транзисторов. Использование транзисторов менее мощных, но более быстродействующих, у которых внутренние емкости значительно меньше, и общий заряд затвора повышает надежность.

Возможные замены:

- IRF730, IRF820, IRFBC30A (International Rectifier);
- STP4NC50, STP4NB50, STP6NC50, STP6NB50 (STMicroelectronics);
- полевые транзисторы фирмы Infineon (<http://www.infineon.com>) серии CoolMOS with fast body diode: SPP11N60CFD, SPA11N60CFD;
- PHX3N50E фирмы PHILIPS и т. п.

Транзисторы установлены на небольшие пластинчатые радиаторы. Длина проводников между выходами драйвера 5, 7, резисторами в цепях затворов R3, R4 и затворами полевых транзисторов должна быть минимальной.

Диодный мост VD1 — импортный RS207; допустимый прямой ток 2 А; обратное напряжение 1000 В. Можно заменить на четыре диода с соответствующими параметрами.

Диод VD2 класса ultra-fast (сверхбыстрый) — обратное напряжение не менее 400 В; допустимый прямой постоянный ток 1 А; время обратного восстановления 35 нс. Подойдут 11DF4, BYV26B/C/D, HER156, HER157, HER105—HER108, HER205—HER208, SF18, SF28, SF106—SF109, BYT1-600. Этот диод должен располагаться как можно ближе к микросхеме.

Микросхема DA1 — IR2153 заменяема на IR2152, IR2151, IR2153D, IR21531, IR2154, IR2155, L6569, MC2151, MPIC2151. При использовании IR2153D диод VD2 не требуется, т. к. он установлен внутри микросхемы.

Резисторы R1—R5 — ОМЛТ или МЛТ.

Конденсаторы C1—C3 — К73-17 на 630 В; C4 — электролитический (импортный) на номинальное напряжение не менее 350 В; C5 — электролитический на 25 В; C6 — керамический на 50 В; C7 — керамический или К73-17 на напряжение не менее 60 В; C8, C9 — К73-17 на 400 В; C10 — полипропиленовый К78-2 на 1600 В.

Варистор RU1 фирмы EPCOS — S14K275, S20K275, заменим на TVR (FNR) 14431, TVR (FNR) 20431 или отечественный CH2-1a-430 В.

Терморезистор (термистор) RK1 с отрицательным температурным коэффициентом (NTC — Negative Temperature Coefficient) — SCK 105 (10 Ом, 5 А) или фирмы EPCOS — B57234-S10-M, B57364-S100-M.

Термистор можно заменить на проволочный резистор 4,7 Ом мощностью 3...5 Вт.

RK2 — термистор PTC (Positive Temperature Coefficient) с положительным температурным коэффициентом (позистор). Разработчики IR2153 рекомендуют использовать позистор фирмы Vishay Cera-Mite — 307C1260. Его основные параметры:

- номинальное сопротивление при +25 °С ..... 850 Ом;
- мгновенное (максимально допустимое) среднеквадратичное напряжение, прикладываемое к позистору при зажигании лампы ..... 520 В;

- постоянное (максимально допустимое) среднеквадратичное напряжение, прикладываемое к позистору при нормальной работе лампы.....175 В;
- максимальный допустимый ток переключения (переводящий позистор в высокоомное состояние)..... 190 мА;
- диаметр позистора .....7 мм.

Возможная замена — импульсные позисторы фирмы EPCOS (число циклов переключения 50000...100000) — B59339-A1801-P20, B59339-A1501-P20, B59320-J120-A20, B59339-A1321-P20.

Позисторы с необходимыми параметрами в количестве, достаточном для восьми электронных балластов, можно изготовить из широко распространенного позистора СТ15-2-220 от системы размагничивания телевизора ЗУСЦТ. Разобрав пластмассовый корпус, извлекают две «таблетки». Алмазным надфилем делают на каждой два надпила крест-накрест, как показано на рис. 2.17, и разламывают ее по надпилам на четыре части.

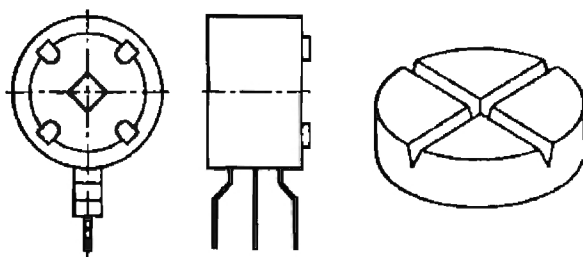


Рис. 2.17. «Таблетка» позистора с надпилами

К металлизированным поверхностям изготовленного таким образом позистора очень трудно припаять выводы. Поэтому, как показано на рис. 2.18, делают в печатной плате (поз. 3) прямоугольное отверстие и зажимаю обломок «таблетки» (поз. 1) между упругими контактами (поз. 2), припаянными к печатным проводникам. Подбирая размер обломка, можно добиться желаемой продолжительности прогрева лампы.

Если люминесцентную лампу предполагается использовать в режиме нечастого включения—выключения, то позистор можно исключить.

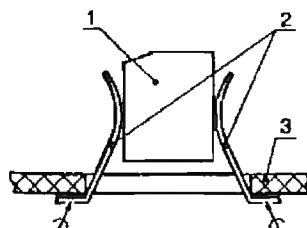


Рис. 2.18. Крепление самодельного позистора на плате



## Настройка

Разброс параметров элементов С6, L2, С10 может потребовать подстройки частоты драйвера.

Равенства частоты задающего генератора микросхемы IR2153 резонансной частоте контура L2C10 проще всего добиваться подборкой частотозадающего резистора R2. Для этого его удобно временно заменить парой последовательно соединенных резисторов: постоянного (10...12 кОм) и подстроечного (10...15 кОм). Критерием правильной настройки служат надежный запуск (зажигание) и устойчивое горение лампы.

Балласт собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита и помещен в алюминиевый экранирующий кожух. Печатная плата и расположение элементов показана на рис. 2.19.

### ВНИМАНИЕ!

Конструкция гальванически связана с электрической сетью. Потенциально опасна для жизни из-за возможного поражения электрическим током. Поэтому при изготовлении, проверке, налаживании и эксплуатации следует помнить о строгом соблюдении мер электробезопасности.

Конструкция должна быть выполнена так, чтобы исключить случайное касание оголенных выводов проводников или деталей. Проверая работу конструкции, не следует касаться руками никаких ее деталей или цепей, а заменяемые детали переплаивать только при вынутой из розетки сетевой вилке.

## Миниатюрные электронные балласты на IR53HD420

Следующий пример электронного балласта, который мы рассмотрим — это миниатюрный электронный балласт, выполненный на гибридной микросхеме IR53HD420 (IR51HD420), в которую встроены силовые транзисторы и диод вольтодобавки.

Сверхминиатюрные электронные балласты, выполненные на гибридной микросхеме IR51HD420, рассчитаны на совместную работу с одиночными лампами, имеющими ток до 0,3 А, и широко используются с компактными люминесцентными лампами.

Семейство IR53Hxxx/IR51Hxxx с интегрированными силовыми транзисторами включает в себя несколько микросхем с различными параметрами, основные характеристики которых приведены в табл. 2.4.

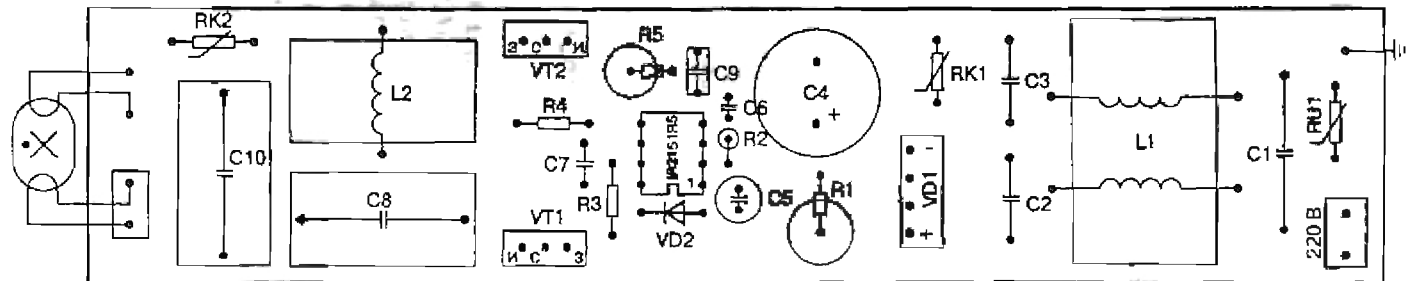
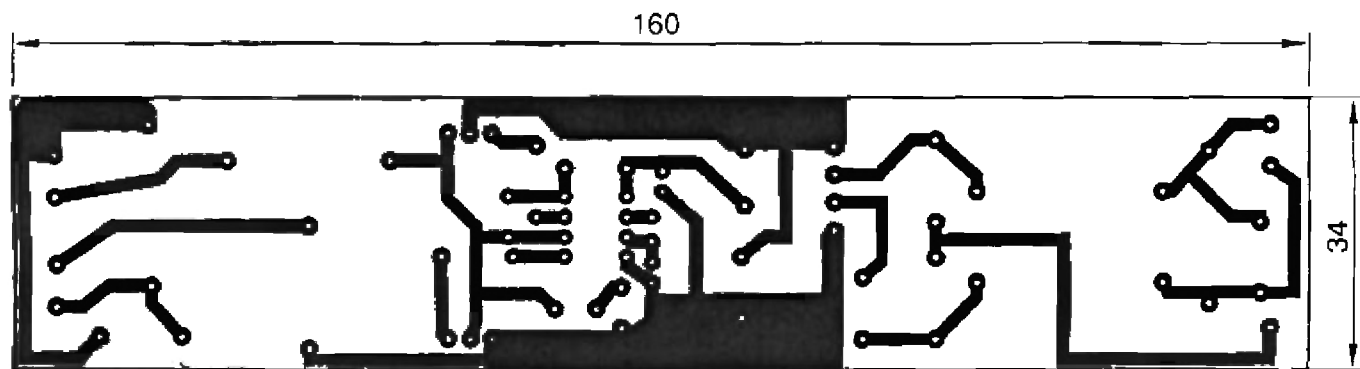


Рис. 2.19. Печатная плата и расположение элементов

Тип ИС	Максимальное напряжение, В	Сопротивление ключа, Ом	Напряжение сети, В	Мощность лампы, Вт
IR5xH214, IR5xHD214	250	2,0	110	5...15
IR5xH224, IR5xHD224	250	1,1	110	15...25
IR5xH737, IR5xHD737	300	0,75	110	25...35
IR5xH310, IR5xHD310	400	3,6	220	5...15
IR5xH320, IR5xHD320	400	1,8	220	15...25
IR5xH420, IR5xHD420	500	3,0	220	10...20

Примечание. HD — с интегрированным вольтодобавочным диодом, H — без диода.

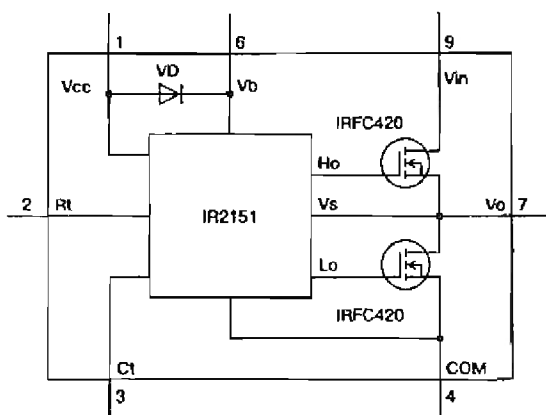


Рис. 2.20. Структурная схема IR53HD420/IR51HD420

Основные параметры IR51HD420 аналогичны IR2151, IR2153.

Интегрированные в IR51HD420 два  $n$ -канальных транзистора HEXFET (IRFC420) имеют следующие параметры:

- постоянный максимальный ток стока  $I_D$  ..... 1,2 А;
- рекомендуемый долговременный ток стока  $I_D$  ..... 0,7 А;
- максимальное напряжение сток-исток  $V_{DS}$  ..... 500 В;
- максимальная рассеиваемая мощность  $P_D$  ..... 2...3 Вт;
- сопротивление канала силовых ключей в открытом состоянии  $R_{DS}$  ..... 3,0 Ом.

Принципиальная электрическая схема миниатюрного электронного балласта изображена на рис. 2.21.

Принцип работы аналогичен электронному балласту на IR2153, который мы уже рассмотрели выше.

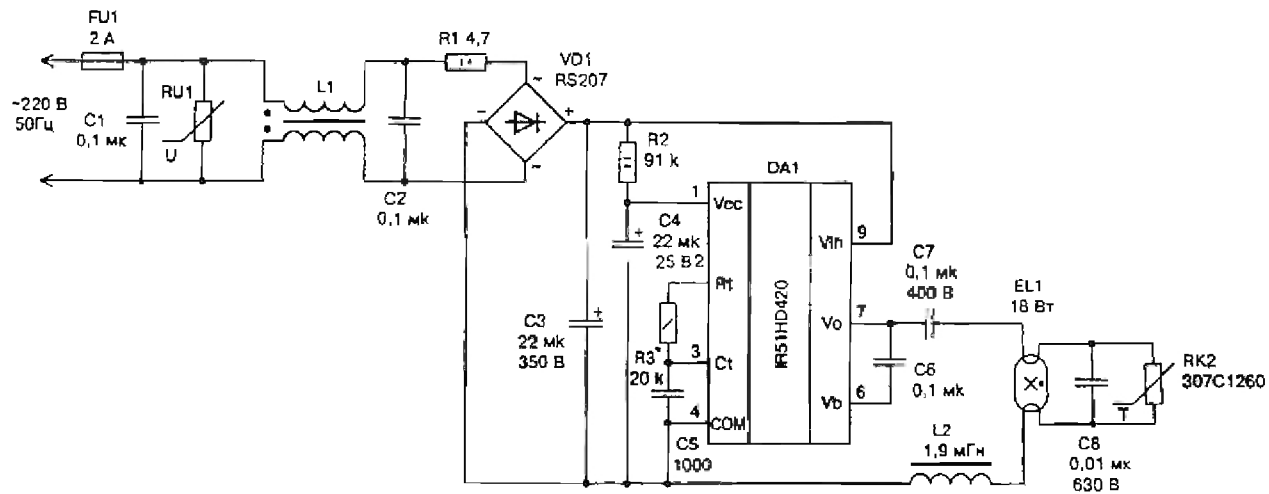


Рис. 2.21. Принципиальная электрическая схема миниатюрного электронного балласта на IR51HD420

Дроссель сетевого фильтра L1 намотан на ферритовом кольце К20×12×6 М2000НМ двухжильным сетевым проводом (или сложенным вдвое МГТФ) до полного заполнения окна. Хорошие результаты помехоподавления в сочетании с миниатюрными размерами дают специализированные фильтры EPCOS: B84110-B-A14, B84110-A-A5, B84110-A-A10, B84110-A-A20.

Дроссель электронного балласта L2 выполнен на Ш-образном магнитопроводе из феррита М2000НМ. Типоразмер сердечника Ш15×5 с зазором  $\delta = 0,4$  мм под всеми тремя рабочими поверхностями Ш-образного сердечника. Величина зазора в нашем случае — это толщина прокладки между соприкасающимися поверхностями половинок магнитопровода. Для изготовления зазора необходимо проложить прокладки из немагнитного материала (нефольгированный стеклотекстолит или гетинакс) толщиной 0,4 мм между соприкасающимися поверхностями половинок магнитопровода и скрепить эпоксидным клеем. От величины немагнитного зазора зависит величина индуктивности дросселя (при постоянном количестве витков). При уменьшении зазора индуктивность возрастает, при увеличении — уменьшается.

Обмотка L2 — 180 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,25 мм. Межслойная изоляция — лакоткань. Намотка — виток к витку.

Диодный мост VD1 — импортный RS207, допустимый прямой ток 2 А, обратное напряжение 1000 В. Можно заменить на четыре диода с соответствующими параметрами.

Гибридную микросхему IR51HD420 можно заменить на IR53HD420, IR51H420, IR53H420. При использовании IR51H420, IR53H420 нужно учесть, что у этих микросхем отсутствует встроенный диод вольтодобавки (между выводами 1 и 6), и его следует установить. Используемый при этом диод должен быть класса ultra-fast (сверхбыстрый) с параметрами: обратное напряжение 400 В; допустимый прямой постоянный ток 1 А; время обратного восстановления 35 нс. Подойдут 11DF4, BYV26B/C/D, HER156, HER157, HER105—HER108, HER205—HER208, SF18, SF28, SF106—SF109. Диод должен располагаться как можно ближе к микросхеме.

R3, C5, C6 — SMD элементы для поверхностного монтажа (C6 на 60 В). Конденсаторы C1, C2, C7 — К73-17. C1, C2 — на 630 В, C7 — на 400 или 630 В; C3 — электролитический (два по 10 мкФ в параллель) импортный на номинальное напряжение не менее 350 В; C4 — электролитический на 25 В; C8 — полипропиленовый К78-2 на 1000 В.

Варистор RU1 фирмы EPCOS — S14K275, S20K275, заменим на TVR (FNR) 14431, TVR (FNR) 20431 или отечественный CH2-1а-430 В.

R1 — проволочный 2,2...4,7 Ом мощностью 1...2 Вт, можно заменить на терморезистор (термистор) с отрицательным температурным коэффициентом (NTC — Negative Temperature Coefficient) — SCK 105 (10 Ом, 5 А) или фирмы EPCOS — B57234-S10-M, B57364-S100-M.

RK2 — позистор, такой же как и в электронном балласте на IR2153.

Балласт собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита и помещен в алюминиевый экранящий кожух. Печатная плата и расположение элементов показана на рис. 2.22.

Рекомендации по настройке аналогичны тем, которые были рассмотрены в разделе, посвященном электронному балласту на IR2153.

Следующий вариант электронного балласта, схема которого изображена на рис. 2.23, имеет несколько измененную цепочку предварительного прогрева катодов. Она образована элементами C7, C8, RK1.

Особенность работы заключается в том, что в начальный момент малое сопротивление (300 Ом) холодного позистора RK1 шунтирует конденсатор C8, и резонансная частота балластной схемы  $F_6$  определяется элементами L2, C7 в соответствии с формулой

$$F_6 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L2 \cdot C7}} \text{ кГц.}$$

Частота  $F_6$  ниже, чем частота внутреннего генератора  $F_1$  микросхемы, которая задается элементами R3, C4 в соответствии с формулой

$$F_1 = \frac{1}{1,4 \cdot (R3 + 75) \cdot C4} \text{ кГц.}$$

При таких условиях лампа не зажигается. Происходит прогрев электродов током, протекающим через C7, RK1. Одновременно при этом нагревается позистор, сопротивление его резко увеличивается, и он перестает шунтировать C8. Резонансная частота балластной схемы  $F_6$  теперь определяется элементами L2 и последовательным соединением C7, C8.  $F_6$  становится равным  $F_1$  — лампа зажигается. R3 выбирается из условия обеспечения выполнения описанных выше равенств.

Цепочка C1, C3, L1 — помехоподавляющая.

На рис. 2.24 представлен еще один вариант миниатюрного электронного балласта, выполненного на гибридной микросхеме IR51HD420. Схема построена по полумостовому принципу.

Схема имеет дополнительные возможности:

- установка времени прогрева накальных электродов лампы;
- наличие защитного режима работы электронного балласта при перегорании накальных электродов и отсутствия лампы.

Схема двухступенчатого прогрева накальных электродов образована элементами R3—R5, C5, C7, VD2—VD4, VT1, VT2. Время прогрева

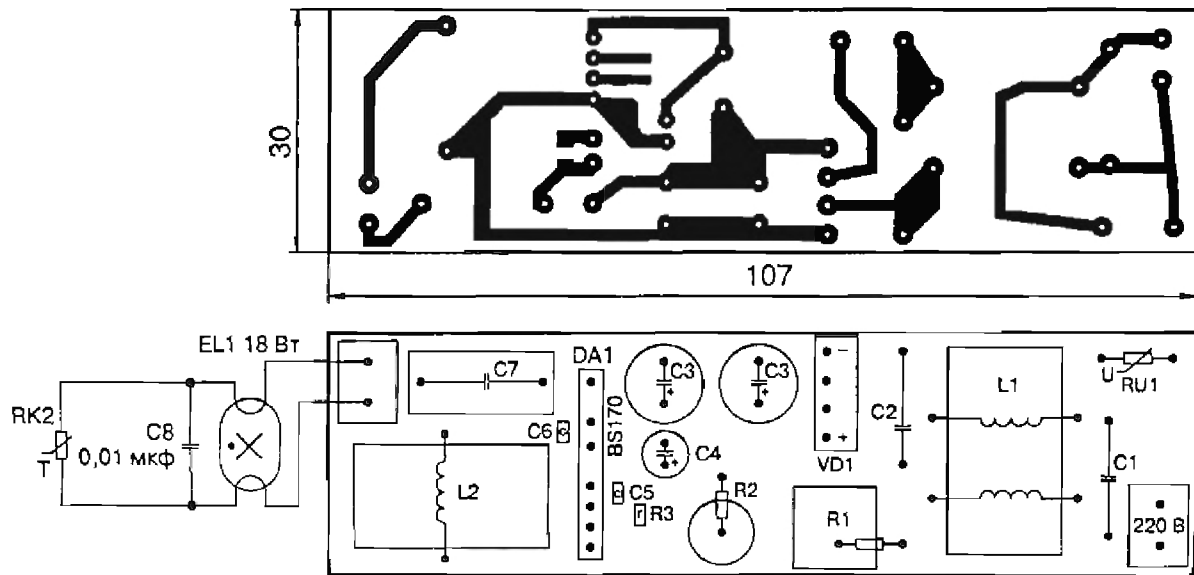


Рис. 2.22. Печатная плата и расположение элементов

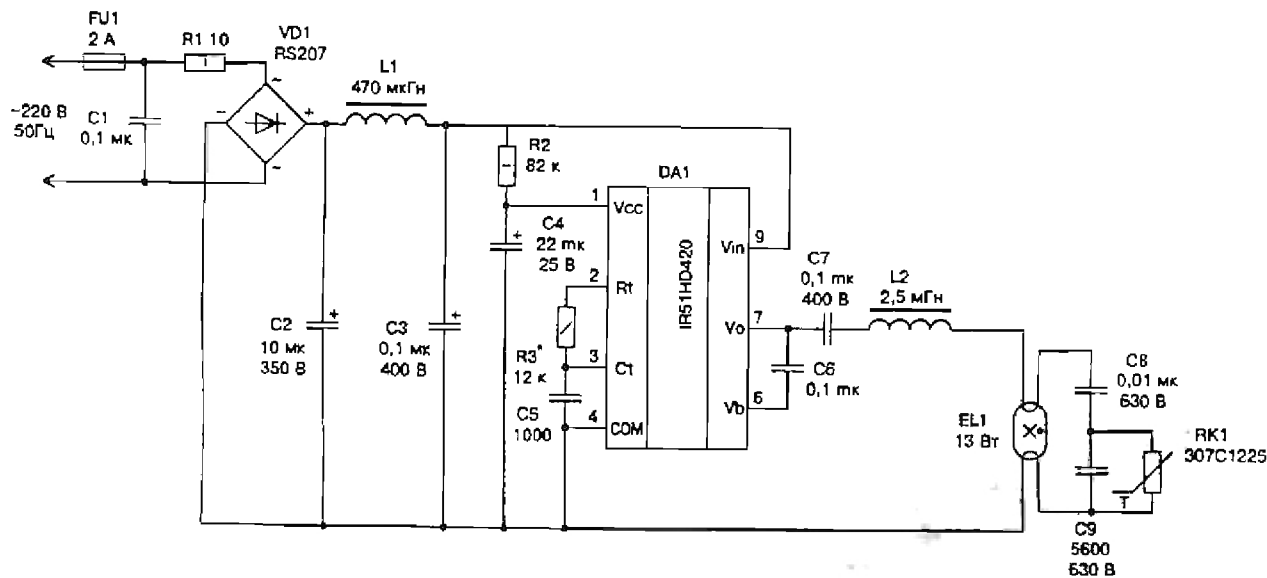


Рис. 2.23. Электронный балласт с измененной цепью прогрева катодов



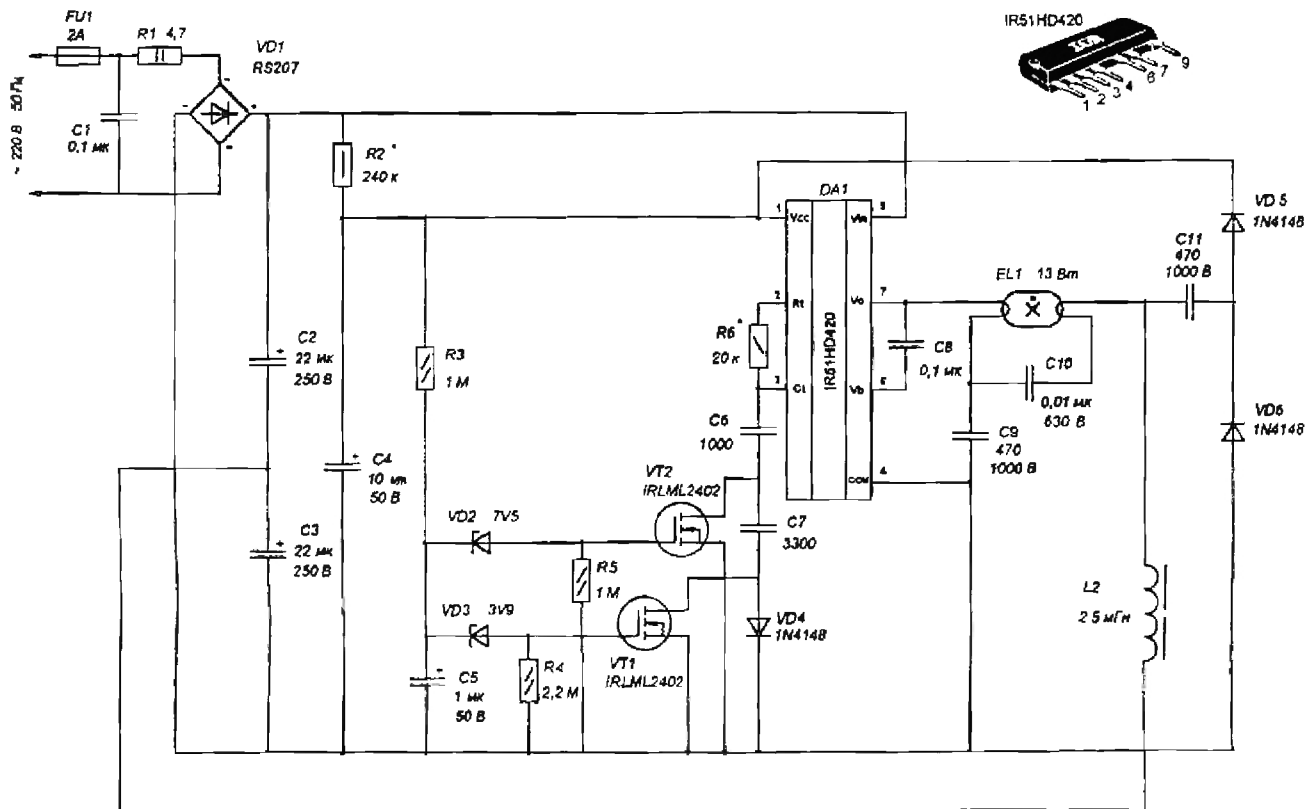


Рис. 2.24. Схема полумостового балласта на микросхеме IR51HD420

накальных электродов задается элементами R3, C5, VD2, VD3. Работает схема следующим образом. В начальный момент транзисторы VT1, VT2 закрыты — частота работы драйвера и прогрева определяется элементами R6, C6, C7, VD4. Эта частота выше резонансной, напряжение на лампе недостаточно для ее зажигания. По мере заряда конденсатора C5 напряжение на нем возрастает. Открывается первый пороговый элемент на стабилитроне VD3, что в свою очередь приводит к открытию ключевого элемента VT1. После этого частота драйвера определяется элементами R6, C6, C7. Процесс прогрева электродов продолжается. Далее с ростом напряжения на C5 открывается второй пороговый элемент на стабилитроне VD2, что в свою очередь приводит к открытию ключевого элемента VT2. Частота драйвера уменьшается (определяется элементами R6, C6) и становится равной резонансной частоте. Процесс прогрева электродов заканчивается, индуктивный резонансный выброс напряжения зажигает лампу.

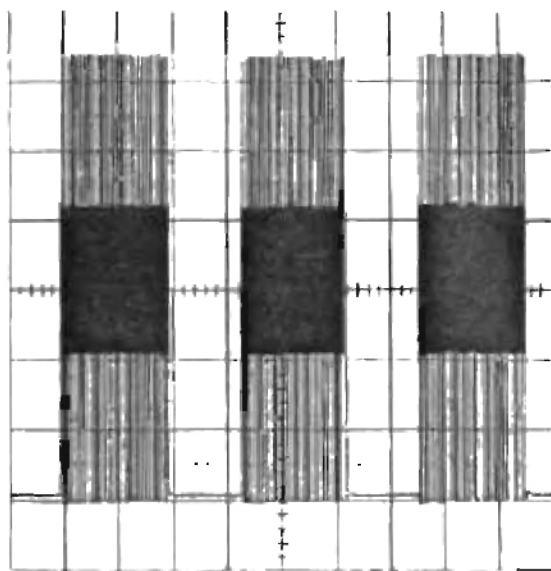
Транзисторы VT1, VT2 — это *n*-канальные MOSFET в корпусе SOT-23 с параметрами:

- максимальный ток стока  $I_D$  ..... 1,2 А;
- импульсный максимальный ток стока  $I_{DM}$  ..... 7,4 А;
- максимальное напряжение сток-исток  $V_{DS}$  ..... 20 В;
- максимальная рассеиваемая мощность  $P_D$  ..... 540 мВт;
- сопротивление в открытом состоянии ..... 0,25 Ом.

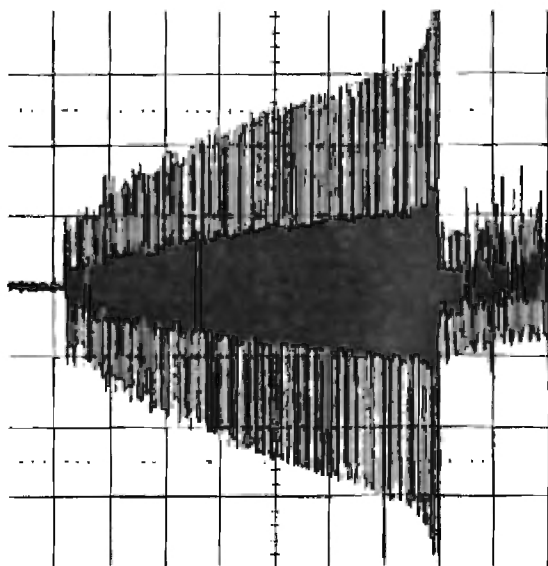
Защитный режим работы электронного балласта при перегорании накальных электродов и отсутствия лампы реализован на особом способе питания IR51HD420. Элементы C11, VD5, VD6 образуют своеобразную цепь подпитки драйвера. Резистор R2 подбирают таким образом, что при установленной и исправной лампе совместно со схемой подпитки образуется достаточный ток для нормальной работы драйвера (напряжение на выводе 1 при этом 13...15 В). Но при обрыве электродов или отсутствии лампы процесс подпитки нарушается, напряжение на питающем выводе 1 падает, микросхема IR51HD420 переходит в защитный режим работы, характеризующийся периодической блокировкой схемы управления силовыми ключами.

Осциллограмма защитного режима работы изображена на рис. 2.25.

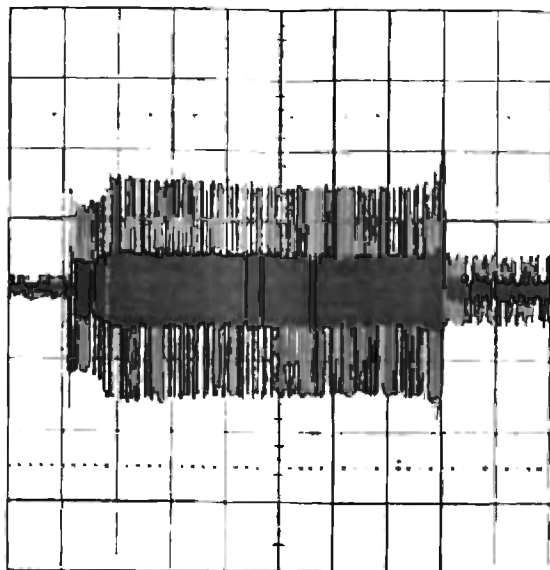
Напряжения и токи на электродах лампы во время прогрева, зажигания и свечения показаны на рис. 2.26—2.29.



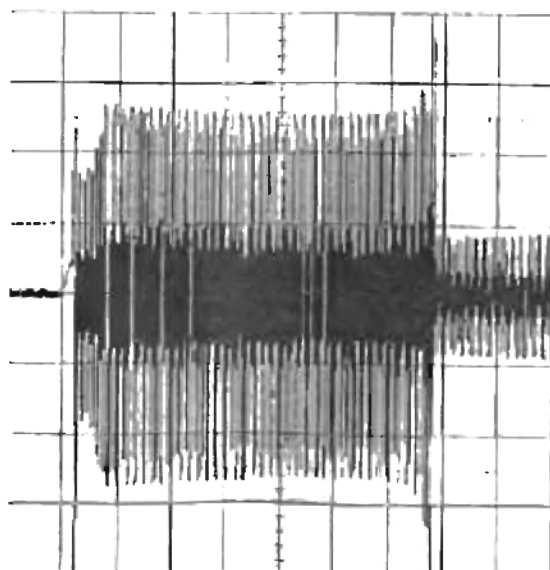
**Рис. 2.25.** Напряжение на выходе полумостового ключа при отключенной (неисправной) лампе



**Рис. 2.26.** Напряжение на катоде люминесцентной лампы



*Рис. 2.27. Ток через катод лампы*



*Рис. 2.28. Напряжение на лампе*

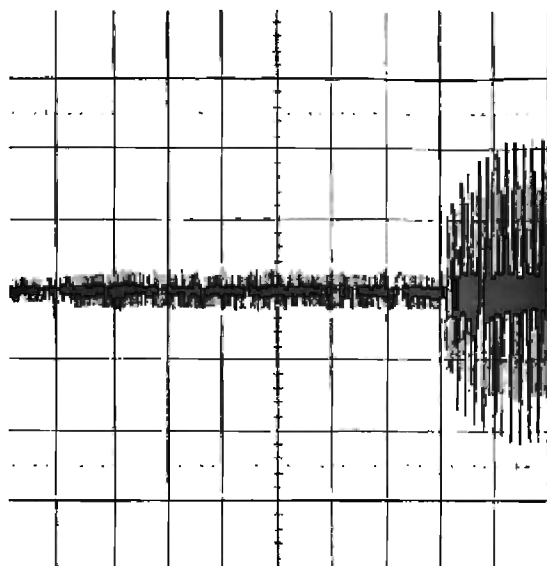


Рис. 2.29. Ток лампы

Дроссель электронного балласта L2 выполнен на Ш-образном магнитопроводе из феррита М2000НМ. Типоразмер сердечника Ш5×5 с зазором  $\delta = 0,4$  мм. Обмотка L2 — 205 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,2...0,25 мм. Межслойная изоляция — лакоткань. Намотка — виток к витку.

Данный электронный балласт рассчитан на работу с компактной люминесцентной лампой мощностью 13 Вт, током 0,165 А и сопротивлением накаливаемых электродов в холодном состоянии 4 Ом.

На рис. 2.30 представлен вариант миниатюрного электронного балласта на микросхеме IR51HD420 с одноступенчатым частотным прогревом электродов и обычной схемой питания.

Транзистор VT1 (BS170) — это *n*-канальный МОП транзистор в корпусе TO-92 с параметрами:

- максимальный ток стока  $I_D$  ..... 0,7 А;
- максимальное напряжение сток-исток  $V_{DS}$  ..... 60 В;
- максимальная рассеиваемая мощность  $P_D$  ..... 800 мВт;
- сопротивление в открытом состоянии  $R_{DS}$  ..... 1,2 Ом.

Можно заменить на КП501, BSS89, BST76, VN2401 или любыми другими со схожими параметрами.

Печатная плата и расположение элементов показана на рис. 2.31.

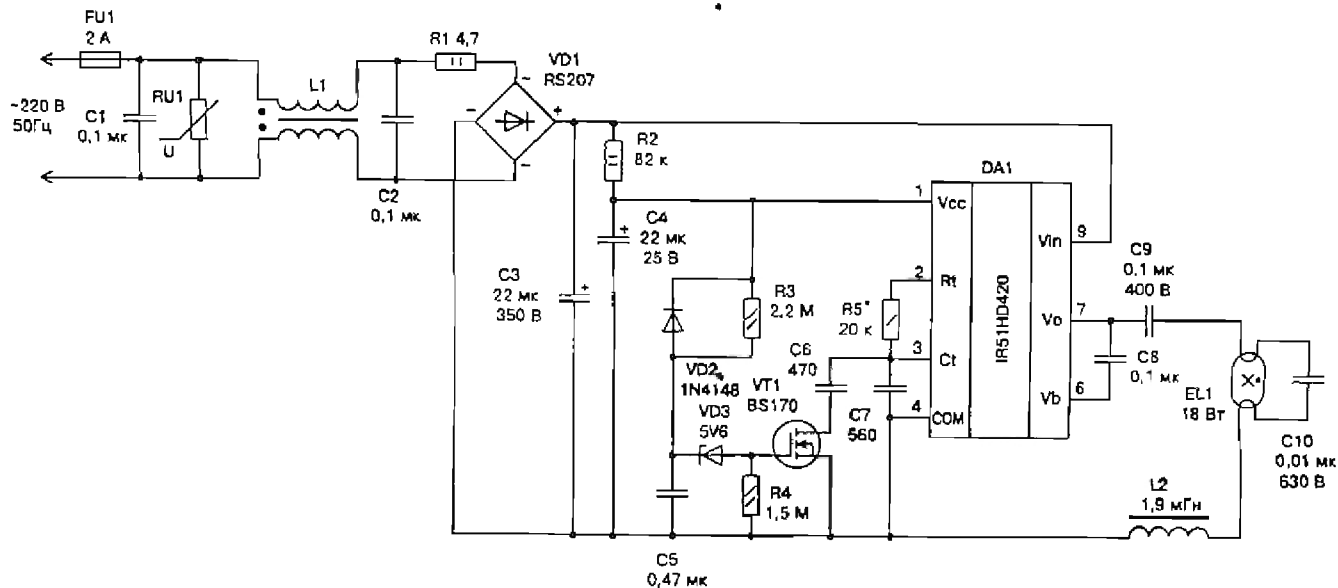


Рис. 2.30. Схема электронного балласта с одноступенчатым прогревом

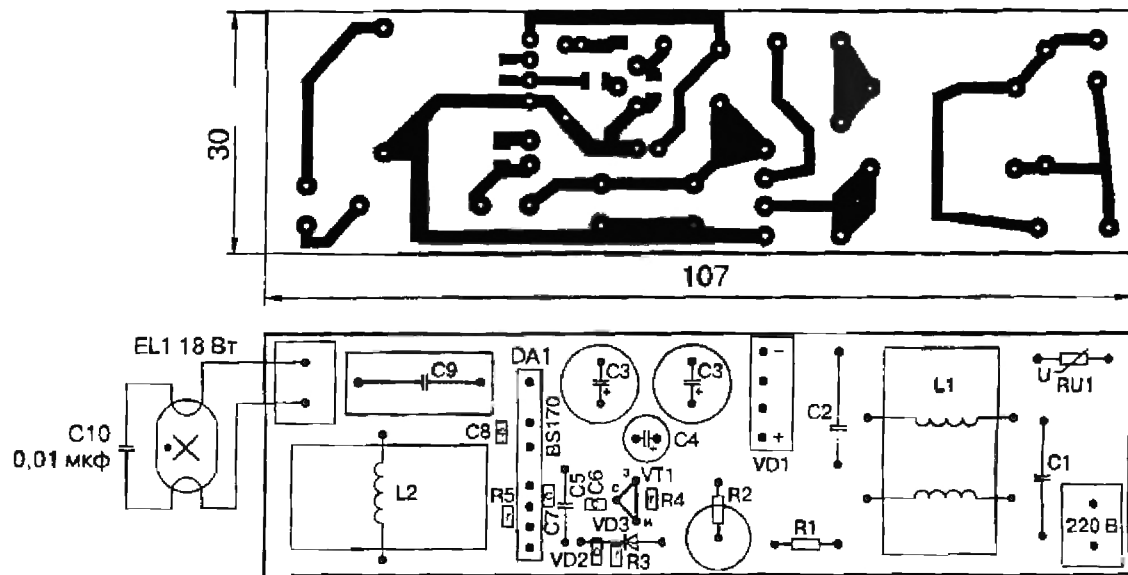


Рис. 2.31. Печатная плата и расположение элементов балласта с одноступенчатым прогревом

Схемотехнические решения, использованные в электронных балластах на IR5xHID420, применимы и к электронным балластам на IR215x, рассмотренным ранее.

#### **ВНИМАНИЕ!**

Конструкции гальванически связаны с электрической сетью. Потенциально опасны для жизни из-за возможного поражения электрическим током. Поэтому при изготовлении, проверке, наладивании и эксплуатации следует помнить о строгом соблюдении мер электробезопасности.

Конструкции должны быть выполнены так, чтобы исключить случайное касание оголенных выводов проводников или деталей. Проверяя работу конструкций, не следует касаться руками ее деталей или цепей, а заменяемые детали перепайвать только при полном отключении от электрической сети (вынутой из розетки сетевой вилке).

## **ЭПРА на элементах от фирмы PHILIPS**

Как уже упоминалось, разработкой и изготовлением компонентов для электронных балластов (электронных пускорегулирующих аппаратов) занимаются многие крупные производители электронных компонентов: International Rectifier, STMicroelectronics (SGS-Thomson), Motorola (ON Semiconductor), Unitrode (Texas Instruments). Не осталась в стороне и фирма PHILIPS.

Для Philips Semiconductors (PHs) разработка компонентов электронных балластов является одним из приоритетных направлений деятельности. По утверждению аналитиков PHs, к 2005 году общий объем продаж этой продукции может достигнуть 500 млн евро в год.

Микросхемы электронных балластов PHs разрабатывает и производит практически для всех типов ламп:

- UBA2021, UBA2014 — для люминесцентных (серий TL, TL-D, TL-D HF);
- UBA2024 — для компактных люминесцентных (CFL — Compact Fluorescent Lamp);
- UBA2070 — для ламп с холодным катодом (Cold Cathode Fluorescent Lamp), используемых в сканерах, копирах, для подсветки LCD-мониторов и т. п.;
- UBA2030, UBA2032 — для новейших ксеноновых ламп (HID — High Intensity Discharge);
- UBA2000 — для электронных стартеров.

Драйверы разрабатываются с учетом особенностей эксплуатации в различных регионах (по частоте и напряжению) и удовлетворяют самым строгим требованиям по электромагнитной совместимости и показателям энергосбережения.



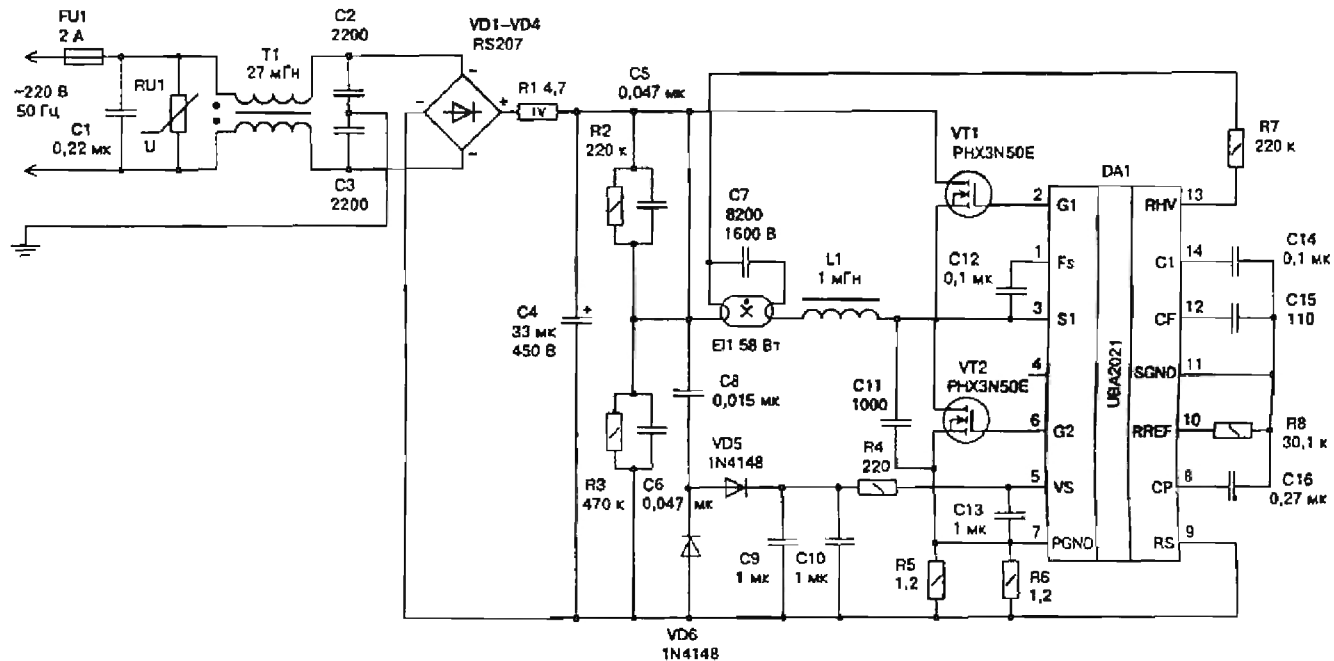


Рис. 2.32. Схема электронного балласта на микросхеме UBA2021

Последние разработки PHILIPS в данной области позволяют создавать малогабаритные устройства, требующие минимального количества внешних компонентов и имеющие полный набор защитных и сервисных функций.

Рассмотрим электронный балласт, реализованный на UBA2021.

Принципиальная электрическая схема ЭПРА для люминесцентной лампы мощностью 58 Вт изображена на рис. 2.32.

«Сердцем» ЭПРА является микросхема UBA2021. Эта специализированная ИМС предназначена для работы как с обычными, так и с компактными люминесцентными лампами. В состав UBA2021 входят высоковольтный драйвер со схемой запуска, генератор и таймер, обеспечивающие управление на стадиях пуска, подогрева, зажигания и горения лампы, а также защиту от емкостного режима. ИМС выдерживает напряжения до 390 В и кратковременные всплески напряжений ( $t < 0,5$  с) до 570...600 В. Низковольтное напряжение питания внутренне фиксируется, что устраняет необходимость установки внешнего стабилизатора. Фиксация осуществляется при токах до 14 мА с кратковременными ( $t < 0,5$  с) всплесками до 35 мА.

Структурная схема UBA2021 показана на рис. 2.33.

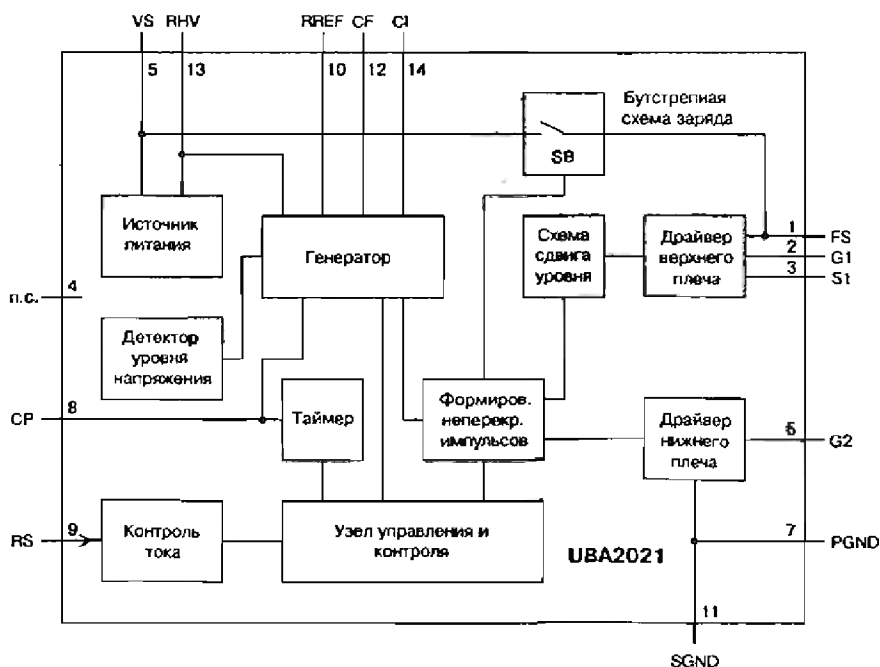


Рис. 2.33. Структурная схема UBA2021

Микросхема выполнена в пластиковом корпусе с 14 выводами, — либо DIP-14, либо SO-14. Назначение выводов микросхемы UBA2021 приведено в табл. 2.5.

Назначение выводов микросхемы UBA2021

Таблица 2.5

Обозначение	Вывод	Назначение вывода	
		Английское название	Русское название
FS	1	High Side Floating Supply Voltage	Плавающее питание драйвера верхнего плеча
G1	2	Gate High Transistor (VT1)	Затвор транзистора VT1 (верхнее плечо)
S1	3	Source High Transistor (VT1)	Исток транзистора VT1
n.c.	4	No Connection	Не используется
VS	5	Low Voltage Supply	Питание (низковольтное)
G2	6	Gate Low Transistor (VT2)	Затвор транзистора VT2 (нижнее плечо)
PGND	7	Power Ground	Силовая земля
CP	8	Timing / Averaging Capacitor	Времязадающий / усредняющий конденсатор
RS	9	Current Monitoring Input	Вход контроля тока (токового контроля)
RREF	10	Reference Resistor	Опорный резистор
SGND	11	Signal Ground	Сигнальная земля
CF	12	Oscillator Capacitor	Конденсатор генератора
RHV	13	Start-Up Resistor / Feed-Forward Resistor	Пусковой резистор
CI	14	Integrating Capacitor	Интегрирующий конденсатор

ЭПРА работоспособен в диапазоне напряжений сети 185...265 В при частоте 50...60 Гц. Автоматическое управление поддерживает мощность горения лампы в пределах 47,6...50,3 Вт при изменении напряжения сети в пределах 200...260 В. UBA2021 управляет работой мощных полевых МОП-транзисторов РНХ3N50Е, являющихся ключами полумостового инвертора, который питается от сети с номинальным напряжением 230 В и частотой 50...60 Гц. При этом обеспечивается необходимый сдвиг уровня питания полевых транзисторов, осуществляющий защиту от емкостного режима работы.

Основными достоинствами этого изделия являются малое число внешних компонентов и низкая стоимость благодаря применению ИМС

UBA2021, которая способна обеспечить максимальную гибкость разработки при минимальном числе периферийных элементов.

Рассмотрим работу схемы более подробно.

Напряжение сети переменного тока с помощью мостового выпрямителя на четырех диодах (или диодного моста) и сглаживающего конденсатора преобразуется в напряжение постоянного тока (величиной 310 В), питающее полумостовой инвертор. Помехоподавляющий сетевой фильтр препятствует проникновению помех в сеть.

Полумостовой инвертор относится к группе высокочастотных резонансных преобразователей напряжения, которые удобны для управления газоразрядными лампами. Используемый принцип переключения двух мощных МОП-транзисторов при нулевом напряжении позволяет уменьшить потери на их переключение и обеспечивает высокий КПД балласта.

После подачи сетевого напряжения люминесцентная лампа сначала подогревается. Это называется мягким пуском и обеспечивает надежную и долговечную работу лампы. Величина тока подогрева регулируется микросхемой UBA2021. Этот ток, проходящий через нити накала лампы, разогревает электроды лампы до температуры, обеспечивающей достаточную эмиссию электронов. Прогрев позволяет уменьшить напряжение зажигания лампы, что снижает ударные электрические нагрузки на элементы схемы.

После включения выпрямленное напряжение сети поступает на буферный конденсатор С4 через резистор R1 (рис. 2.32), ограничивающий бросок тока. Конденсатор сглаживает пульсации напряжения с удвоенной частотой сети. Полученное высоковольтное напряжение VHV (310 В) постоянного тока является питающим для полумостового инвертора, в состав силовых компонентов которого входят транзисторы VT1, VT2, катушка L1, конденсаторы С5, С6, С7 и лампа EL1.

На этапе пуска ток от высоковольтного конденсатора С4 проходит через резистор R2, нить накала лампы, резистор R7, выводы 13 и 5 микросхемы UBA2021, соединенные между собой в период пуска внутренним ключом, и заряжает конденсаторы низковольтного питания С9, С10 и С13. Как только напряжение питания VS на С13 достигнет величины 5,5 В, происходит переключение UBA2021, в результате которого транзистор VT2 открывается, а транзистор VT1 запирается. Это позволяет зарядиться пусковому конденсатору С12 через внутреннюю цепь микросхемы. Напряжение питания VS продолжает увеличиваться, и при  $VS > 12$  В внутренний генератор микросхемы начинает генерировать. Величина тока потребления ИМС внутренне фиксируется на уровне порядка 14 мА.

Далее происходит переход к этапу подогрева. При отсутствии лампы пуск автоматически блокируется, т. к. в этом случае оказывается разорванной цепь зарядки пускового конденсатора.

На этапе подогрева МОП-транзисторы VT1 и VT2 поочередно переводятся в проводящее состояние. Это генерирует переменное напряжение прямоугольной формы относительно средней точки полумоста с амплитудой  $V_{HV}$ . Стартовая частота колебаний составляет 98 кГц. В этих условиях цепь, состоящая из C8, VD5, VD6, C9 и C10, оказывается способной выполнить функцию источника низковольтного питания, которая во время пуска обеспечивалась током через вывод 13 ИМС.

В течение интервала времени, примерно равного 1,8 с (время подогрева  $t_{PRE}$ ), продолжительность которого определяется номиналами C16 и R8, система находится в режиме подогрева; при этом через нити накала лампы проходит ток контролируемой величины, что позволяет оптимальным образом разогреть оба электрода лампы. Нагретые электроды эмитируют (испускают) в лампу большое число электронов, и в таком состоянии для ее зажигания требуются значительно меньшие напряжения, что минимизирует ударные электрические нагрузки на элементы схемы и лампу в момент зажигания. Подогрев электродов весьма важен для обеспечения большого срока службы лампы (порядка 20 тыс. ч).

После возникновения генерации небольшой переменный ток начинает протекать от средней точки полумоста через нити накала лампы, L1 и C7. Частота колебаний постепенно снижается, что приводит к соответствующему росту величины тока. Скорость снижения частоты определяется емкостью конденсатора C14 и внутренним источником тока ИМС. Частота прекращает падать, как только будет достигнуто определенное значение напряжения переменного тока на резисторах R5 и R6, являющихся датчиками тока подогрева.

В течение всего этапа подогрева частота работы полумостового инвертора остается выше резонансной частоты цепочки L1C7 (55,6 кГц), и в силу этого напряжение на C7 еще мало для зажигания лампы. Весьма важно удерживать это напряжение достаточно небольшим: ведь преждевременное, так называемое холодное, зажигание приводит к быстрому износу электродов лампы.

Величина индуктивности балластной катушки L1 определяется необходимым током через лампу, емкостью конденсатора поджига C7 и рабочей частотой в режиме горения. Минимальная величина емкости C7 определяется индуктивностью L1, величиной напряжения на лампе, не приводящего к зажиганию, при данном токе подогрева и минимальным напряжением сети. В результате оптимальным для подогрева оказывается значение емкости C7, равное 8,2 нФ.

После окончания этапа подогрева UBA2021 возобновляет дальнейшее снижение частоты переключений полумоста вплоть до низшей частоты  $f_B$  (39 кГц). Однако теперь понижение частоты осуществляется гораздо медленнее, чем это происходило в стадии подогрева. Частота

переключений смещается к резонансной частоте последовательной цепочки, состоящей из индуктивности  $L1$  и суммарной емкости конденсатора  $C7$  и электродов лампы (55,6 кГц), причем сопротивления блокирующих постоянный ток конденсаторов  $C5$  и  $C6$  достаточно малы.

Максимальная величина напряжения зажигания в наихудшем случае (когда и светильник, и схема ЭПРА подключены к защитному заземлению сети) для лампы TL-D 58W при низких температурах составляет примерно 600 В.

Сочетание балластной катушки индуктивности  $L1$  и конденсатора поджига  $C7$  подобрано таким образом, чтобы напряжение на лампе могло превысить эти необходимые для надежного зажигания 600 В. Величина напряжения зажигания определяет максимальное значение емкости  $C7$  при заданной индуктивности  $L1$ , выбранной исходя из нижней частоты  $f_B$  UBA2021. Нижняя частота  $f_B$  задается величинами  $R8$ ,  $C15$ . Максимально возможная продолжительность этапа зажигания  $t_{IGN}$  равна 1,7 с (составляет 15/16 от  $t_{PRE}$ ); она устанавливается подбором  $C16$  и  $R8$ .

Предположим, что лампа зажглась в ходе понижения частоты; тогда частота уменьшается до минимального значения  $f_B$ . UBA2021 может осуществить переход к этапу горения двумя путями:

- 1) при снижении частоты до  $f_B$ ;
- 2) если частота  $f_B$  не достигнута, но переход происходит по истечении максимально возможной продолжительности этапа зажигания  $t_{IGN}$ .

На этапе горения частота колебаний в схеме обычно снижается до  $f_B$  (39 кГц), которая может использоваться в качестве номинальной рабочей частоты. Однако, в силу применения в ЭПРА автоматического управления, частота колебаний зависит от величины тока, протекающего через вывод 13 (вывод RNV) ИМС UBA2021. Автоматическое управление начинает функционировать после достижения  $f_B$ . Автоматическое управление в значительной степени стабилизирует излучаемый лампой световой поток в широком диапазоне вариаций напряжения сети.

Во время этапа пуска конденсаторы низковольтного питания  $C9$ ,  $C10$  и  $C13$  заряжаются током, протекающим от высоковольтного конденсатора  $C4$  через  $R2$ , нить накала лампы,  $R7$  и внутренне соединенные выводы 13 и 5 UBA2021.

На этапе горения происходит перекоммутация. Вместо вывода 5 к выводу 13 оказывается подключенным вывод 8. Теперь ток, протекающий через резисторы  $R2$  и  $R7$ , используется в качестве информационного параметра в системе автоматического управления частотой переключений силового инвертора, так как сила этого тока пропорциональна уровню выпрямленного напряжения сети. Пульсации с удвоенной частотой сети (100...120 Гц) фильтруются конденсатором  $C16$ . В результате

излучаемый лампой световой поток остается почти постоянным при изменении напряжения сети в пределах от 200 до 260 В.

На частотах выше 10 кГц лампа может рассматриваться как резистивная нагрузка. Светоотдача возбуждаемых на частотах выше 10 кГц трубчатых ламп существенно лучше, чем при их питании с частотой 50...60 Гц. Это означает, что лампа TL-D 58W при высокочастотном питании мощностью 50 Вт излучает такой же световой поток, как и TL-D 58W при мощности питания 58 Вт на частоте 50...60 Гц. Рабочая точка установившегося состояния для подключенной к ЭПРА TL-D 58W характеризуется напряжением на лампе 110 В и током через нее 455 мА, что соответствует мощности питания 50 Вт. Величина индуктивности балластной катушки L1 определяется рабочей точкой лампы, емкостью конденсатора поджига C7 и рабочей частотой, которая примерно равна 45 кГц при номинальном напряжении сети 230 В.

Желаемая мощность возбуждения лампы может быть достигнута при различных сочетаниях величин индуктивности L1 и емкости C7. Выбор конкретного сочетания зависит от таких факторов, как режим подогрева, минимально необходимое напряжение зажигания и допуски на параметры компонентов схемы. В большинстве случаев оптимальным является сочетание дроссельной катушки L1 индуктивностью 1 мГн и конденсатора поджига C7 емкостью 8200 пФ.

Для предохранения элементов силовой цепи от значительных перегрузок в микросхему встроена функция защиты от емкостного режима работы, которая активна на этапах зажигания и горения. Микросхема UBA2021 проверяет величину падения напряжения на R5 и R6 во время включения транзистора VT2 в каждом цикле работы инвертора. Если это напряжение оказывается меньше 20 мВ, что означает, что схема работает в емкостном режиме, UBA2021 начинает повышать частоту переключений с гораздо большей скоростью, чем она ее снижала на этапах подогрева и зажигания. В итоге частота переключений превысит резонансную частоту. При исчезновении признаков емкостного режима частота переключений вновь уменьшается до необходимой.

Защита при удалении лампы обеспечена способом получения низковольтного напряжения питания для UBA2021. При удалении лампы становится нулевым напряжение переменного тока на конденсаторе C6, что приводит к исчезновению низковольтного питания ИМС. После замены лампы без отключения ЭПРА работа схемы возобновится с этапа пуска. И, наконец, пуск ЭПРА невозможен при отсутствии лампы — ведь в этом случае пусковой резистор R7 оказывается отключенным от высоковольтного напряжения.

В ЭПРА установлен электролитический конденсатор C4 типа ASH-ELB 043. Эти конденсаторы, специально разработанные для при-

менения в электронных схемах питания люминесцентных ламп, характеризуются большим сроком службы (15000 ч) при температурах до 85 °С и выдерживают значительные пульсации тока.

Силовыми ключами в инверторе являются полевые МОП-транзисторы типа РНХ3N50Е (индекс Е свидетельствует о повышенной надежности прибора). Благодаря использованию принципа переключения при нулевом напряжении потери на переключение МОП-транзисторов минимизированы. Нагрев каждого из транзисторов вызывается только потерями в проводящем состоянии, и степень повышения температуры зависит от сопротивления открытого канала «сток—исток»  $R_{DS\ on}$  и теплового сопротивления корпуса  $R_{ин}$ . Продолжительности этапов подогрева и зажигания достаточно малы, в силу чего выбор типа МОП-транзистора был обусловлен величиной тока, протекающего через балластную катушку индуктивности в режиме горения лампы. РНХ3N50Е характеризуются максимальным постоянным напряжением «сток—исток» 500 В и сопротивлением открытого канала менее 3 Ом.

Конструкция балластной катушки L1 с индуктивностью 1 мГн, выдерживающей пиковые токи зажигания до 2,5 А, позволяет применять ее в схемах без защитного заземления. Поджигающим в ЭПРА является конденсатор С7 с емкостью 8200 пФ типа КР/ММКР376. Этот тип конденсаторов разработан для применения в цепях с высокими скоростями нарастания напряжения и большой частотой повторения. Установленный конденсатор способен выдержать размах напряжения до 1700 В (600 В действующего значения синусоидального напряжения). Конденсатор можно заменить на полипропиленовый К78-2 на 1600 В.

Рекомендуемые типы электронных компонентов ЭПРА приведены в табл. 2.6.

Рекомендуемые типы электронных компонентов ЭПРА

Таблица 2.6

Обозначение	Номинал	Напряжение	Тип
С1	0,22 мкФ	275 В	МКР336 2, специальный помехоподавляющий, для сети 220 В
С2, С3	2200 пФ	250 В	МКР336 6
С4	33 мкФ	450 В	АНН043
С5, С6	0,047 мкФ	250 В	МКР379
С7	8200 пФ	1700 В	КР/ММКР376 (или полипропиленовый К78-2)
С8	0,015 мкФ	250 В	МКТ370
С9, С10, С13	1 мкФ	63 В	МКТ370



Продолжение табл. 2.6

Обозначение	Номинал	Напряжение	Тип
C11	1 мкФ	630 В	МКТ347
C12, C14	0,1 мкФ	63 В	МКТ70
C15	110 нФ	100 В	Класс 1, 2 % НПО
C16	0,27 мкФ	63 В	МКТ 370
R1	4,7 Ом		АСО4 (карманный проволоочный)
R2, R7	220 кОм	350 В	SFR25H (стандартный пленочный 0,31 В/л)
R3	470 к	350 В	SFR25H
R5, R6	1,2 Ом	350 В	SFR25H
R8	30,1 кОм	350 В	МFR25 (трапециоидный пленочный)
L1	1 мГн		EF25/13/7
T1	27 мГц		CU15с3/1
DA1	UBA2021		SOT27 (DIP-14)
VD1—VD4	BYW54		SOD57
VD5, VD6	1N4148		SOD27 (DO-35)
VT1, VT2	РВС3М50Е		SOT186А (TO-220)

В табл. 2.7 приведены энергетические характеристики ЭПРА на микросхеме UBA2021.

Энергетические характеристики ЭПРА

Таблица 2.7

Напряжение питания, В	200	210	220	230	240	250	260
Энергия, потребляемая от сети, Вт	52,0	53,9	54,4	55,0	55,4	55,6	55,8
Энергия, потребляемая лампой, Вт	47,6	48,9	49,6	50,0	50,2	50,3	50,3
Коэффициент полезного действия, %	92	91	91	91	91	91	90

На рис. 2.34 изображена принципиальная электрическая схема ЭПРА с использованием UBA2021 для питания компактной люминесцентной лампы мощностью 13 Вт.

Широкое использование КЛЛ привело к необходимости создания еще одной микросхемы.

Специализированная микросхема UBA2024 является одной из последних разработок фирмы PHILIPS. Использование UBA2024 позволяет создать действительно сверхминиатюрные электронные балласты для компактных люминесцентных ламп мощностью 3...15 Вт (с максимальным током лампы до 180 мА).

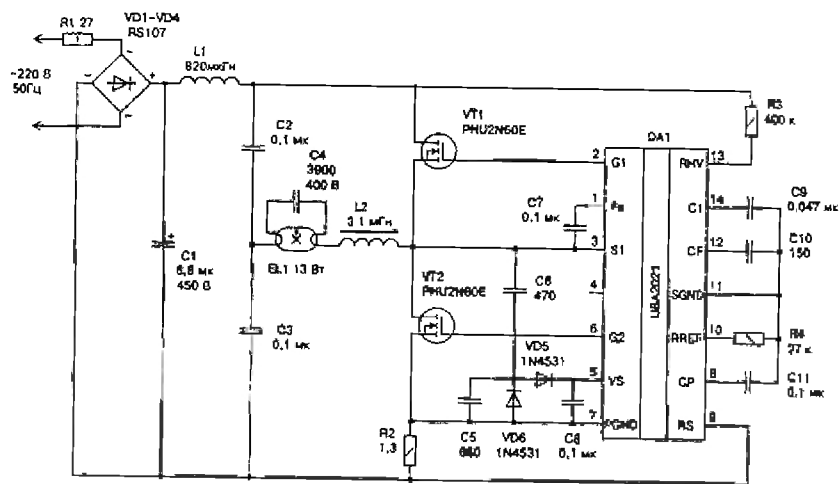


Рис. 2.34. Принципиальная электронная схема ЗПРА мощностью 13 Вт

Отличительные особенности UBA2024:

- интегрированные в микросхему силовые МОП-транзисторы, соединенные в полумостовую схему инвертора;
- интегрированный диод цепи вольтодобавки (bootstrap);
- наличие внутреннего низковольтного источника питания;
- максимальное (кратковременное) рабочее напряжение 550 В;
- регулируемое время прогрева и поджига («мягкий» и «горячий» старт);
- возможность управления частотой задающего генератора;
- минимальное количество внешних элементов.

Структурная схема UBA2024 показана на рис. 2.35.

Микросхема выпускается в корпусах DIP-8 и SO-14. Назначение выводов микросхемы UBA2024 приведено в табл. 2.8.

Назначение выводов микросхемы UBA2024

Таблица 2.8

Обозначение	Номер вывода для корпуса		Назначение вывода	
	UBA2024T (SO-14)	UBA2024P (DIP-8)		
SGND	1	-	Signal ground	Общий сигнальный
SGND	2	-	Signal ground	Общий сигнальный
SGND	3	2	Signal ground	Общий сигнальный
HV	4	6	High-voltage supply	Высоковольтное питание
SGND	5	-	Signal ground	Общий сигнальный
VDD	6	7	Internal low-voltage supply output	Выход внутреннего источника питания
RC	7	8	Internal oscillator input	Вход генератора
SW	8	1	Sweep timing input	Вход таймера прогрева и поджига
SGND	9	-	Signal ground	Общий сигнальный
SGND	10	-	Signal ground	Общий сигнальный
FS	11	3	High-side floating supply output	Плавающее питание драйвера верхнего силового ключа
PGND	12	4	Power ground	Общий мощный
SGND	13	-	Signal ground	Общий сигнальный
OUT	14	5	Half-bridge output	Выход полумоста

Принципиальная электрическая схема ЭПРА для компактной люминесцентной лампы (КЛЛ) мощностью 11 Вт изображена на рис. 2.36.

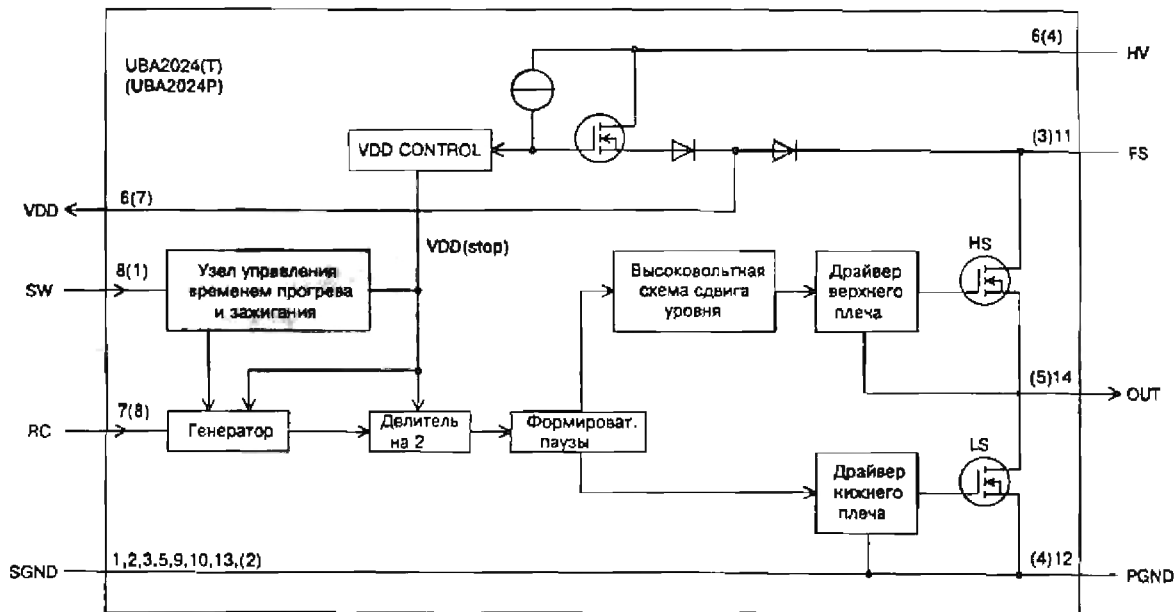


Рис. 2.35. Структурная схема UBA2024

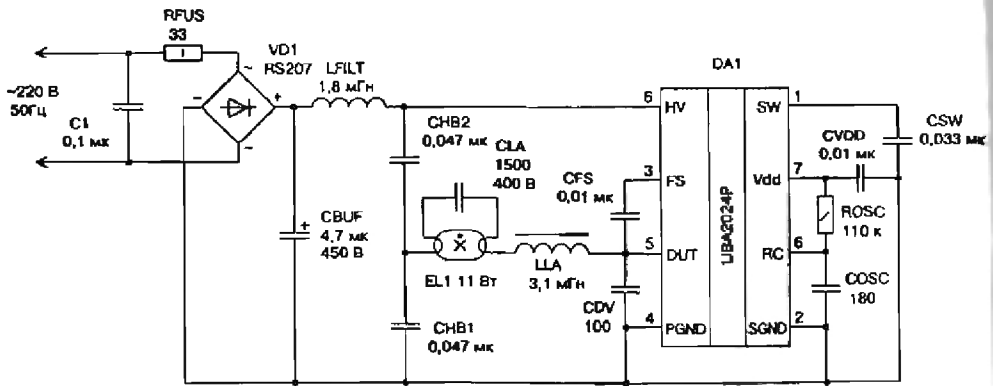


Рис. 2.36. Принципиальная электрическая схема ЭПРА для КЛЛ мощностью 11 Вт

Типономиналы элементов для КЛЛ различной мощности приведены в табл. 2.9.

В табл. 2.10 приведены соотношения величин  $C_{\text{BUF}}$  и  $R_{\text{FUS}}$  для ламп разной мощности.

На рис. 2.37 изображена конструкция ЭПРА с компактной ЛЛ мощностью 11 Вт.

Рисунок печатной платы (диаметр платы 35 мм) и расположение элементов ЭПРА для компактной ЛЛ мощностью 11 Вт показаны на рис. 2.38.

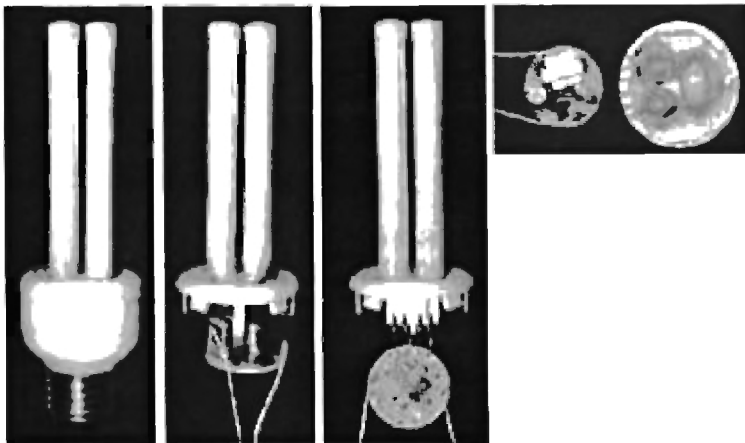


Рис. 2.37. Конструкция ЭПРА с компактной ЛЛ мощностью 11 Вт

Элемент	Назначение	Примечания	Номинал для ламп с мощностью, Вт				
			3	8	11	13	15
$R_{fus}$	Токоограничительный резистор	Мощный защитный	47 Ом	39 Ом	33 Ом	27 Ом	27 Ом
D1...D4	Диодный мост		8YD13M	1N4007	1N4007	1N4007	1N4007
$C_{вф}$	Высоковольтный фильтр питания	Электrolитический высокотемпературный (105 °C)	2,2 мкФ, 400 В	3,3 мкФ, 400 В	4,7 мкФ, 400 В	6,8 мкФ, 400 В	6,8 мкФ, 400 В
$L_{флТ}$	Помехоподавляющая индуктивность (дрoссель)	Аксиальные (осевые) типа EC24, КИГ	4,7 мГн	2,2 мГн	2,7 мГн	3,9 мГн	3,3 мГн
$C_{нв1}, C_{нв2}$	Полумостовые конденсаторы	-	0,047 мкФ, 200 В	0,047 мкФ, 200 В	0,047 мкФ, 200 В	0,033 мкФ, 200 В	0,047 мкФ, 200 В
$C_{лА}$	Конденсатор лампы	Полипропиленовый К78-2	1000 пФ, 1 кВ	1500 пФ, 400 В	1500 пФ, 400 В	1500 пФ, 400 В	1800 пФ, 400 В
$L_{лА}$	Дроссель лампы	E-16-Core	8,2 мГн	3,1 мГн	3,1 мГн	3,5 мГн	3,1 мГн
$C_{Dv}$	Ограничительный	-	100 пФ, 500 В	220 пФ, 500 В	220 пФ, 500 В	100 пФ, 500 В	220 пФ, 500 В
$C_{FS}$	Фильтр плавающего источника питания	-	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В
$C_{VDD}$	Фильтр низковольтного источника питания	-	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В	0,01 мкФ, 50 В
$C_{osc}$	Конденсатор генератора	-	270 пФ, 50 В	180 пФ, 50 В	180 пФ, 50 В	180 пФ, 50 В	180 пФ, 50 В
$R_{osc}$	Резистор генератора	-	120 кОм, 0,125 Вт	110 кОм, 0,125 Вт	120 кОм, 0,125 Вт	120 кОм, 0,125 Вт	130 кОм, 0,125 Вт
$C_{sw}$	Конденсатор задающий время прогрева	-	0,22 мкФ, 16 В	0,033 мкФ, 50 В	0,033 мкФ, 50 В	0,33 мкФ, 16 В	0,068 мкФ, 50 В

Мощность лампы, Вт	$C_{BUF}$ , мкФ / $U_{max}$ , В	$R_{FUS}$ , Ом ( $P_{min}$ , Вт)
≤ 5	2,2 / 400	47 (0,25 / 23)*
6...8	3,3 / 400	39 (0,25 / 23)*
9...11	4,7 / 385	33 (0,5 / 32)*
12...15	6,8 / 385	27 (0,5 / 47)*

Примечание. \* Долговременная мощность / кратковременная мощность ≤ 20 мс.

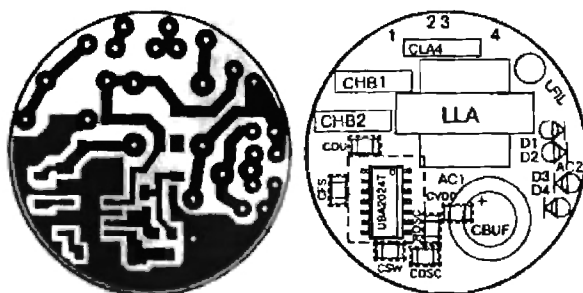


Рис. 2.38. Печатная плата ЭПРА и расположение элементов

## Электронные балласты на дискретных элементах

В недорогих электронных балластах практически повсеместно используются схемы полумостового автогенераторного инвертора (с самовозбуждением), реализованного на дискретных элементах. Достоинством таких электронных балластов является их низкая себестоимость. В качестве силовых ключей чаще всего здесь используются не полевые, а специальные биполярные транзисторы (сокращенно БМТ — биполярные мощные транзисторы).

**Вопросы терминологии.** В зарубежной технической литературе для обозначения транзисторов различных типов используются аббревиатуры IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor), BJT (Bipolar Junction Transistor) и BPT (Bipolar Power Transistor). Соответствующие отечественные аналоги — БТИЗ (биполярный транзистор с изолированным затвором), МОП ПТ (полевые транзисторы структуры металл-окисел-полупроводник), БТ (биполярные транзисторы) и БМТ (биполярные мощные транзисторы).

Технология производства эффективных БМТ была разработана несколько лет назад фирмой MOTOROLA и получила название H2BP (High Gain, High Frequency Bipolar Transistors). Суть этой новой технологии состоит в том, что на одной полупроводниковой структуре, помимо основного высоковольтного БМТ, создаются активная схема недонасыщения этого транзистора и интегрированный антипараллельный диод между его коллектором и эмиттером. Созданные по данной технологии БМТ характеризуются лучшими среди биполярных транзисторов сочетаниями статических, динамических и энергетических показателей, имеют при этом незначительный (не более  $\pm 0,15$  мкс) разброс по времени рассасывания  $t_s$ . Приборы этой серии типа BUL45D2, BUL38D, BUL39D, MJE18004D2 и популярные MJE13003, MJE13005, MJE13007, MJE13009 успешно используются в электронных балластах (которые являются на сегодняшний день перспективными изделиями массового спроса).

БМТ типа MJE13003, MJE13005, MJE13007, MJE13009 выпускают многие производители, поэтому вместо MJE могут присутствовать обозначения ST, PHE, KSE, HA, MJF и др.

В табл. 2.11 приведены технические параметры БМТ, наиболее часто используемых в электронных балластах.

Сравнительный анализ режимов выходных ключей типового электронного балласта, собранного по полумостовой схеме и управляющего работой двух люминесцентных ламп мощностью по 36...40 Вт при частоте коммутации 30...50 кГц, показывает, что уровень полных потерь мощности на ключах при использовании БМТ типа BUL45D2, так же, как и MJE13005 фирмы MOTOROLA, составляет очень незначительную величину (примерно по 0,5 Вт на транзистор). Примерно такие же показатели получаются и при использовании в данных блоках отечественных БМТ типа КТ8136А и КТ8181А производства ОАО «ЭЛЕКТРОНПРИБОР» (ЗАО «ФЭМТ», г. Фрязино). В случае использования в подобных балластах эквивалентных по току и напряжению MOSFET типа IRF830 или «ультрабыстрых» IGBT типа IRGB410U фирмы IR уровень потерь мощности на этих МТ оказывается в 1,5...2 раза выше (0,8...1,0 Вт на транзистор). БМТ оказываются также заметно дешевле своих конкурирующих прототипов, что принципиально важно для получения небольшой итоговой цены электронных балластов, так как они направлены на замену в светильниках с ЛЛ неэффективных, но дешевых электромеханических пускорегулирующих аппаратов (дресселей со стартером), используемых сейчас в светотехнике.

Принципиальная схема варианта электронного балласта, построенного по принципу полумостового инвертора с самовозбуждением, показана на рис. 2.39.

Как видно из схемы, обмотка I трансформатора Т1 включена в диагональ полумоста, образованного двумя последовательно включенными



Технические параметры БМТ, используемых  
в электронных балластах

Таблица 2 11

Тип	Граничное напряжение	Максимальное напряжение «коллектор-база»	Максимальное напряжение «эмиттер-база»	Максимальный постоянный ток коллектора	Максимальный импульсный ток коллектора	Статический коэффициент передачи тока	Напряжение насыщения «коллектор-эмиттер»	Напряжение насыщения «база-эмиттер»	Время рассасывания	Время спада	Максимальная постоянная рассеиваемая мощность	Наличие диода «э-к»
	$V_{CE0\ 5V\ 1}$ В	$V_{CE01}$ В	$V_{BE01}$ В	$I_{C\ max1}$ А	$I_{C\ sm\ max1}$ А	$\beta_{21E}$	$V_{CEsat1}$ В	$V_{BEsat1}$ В	$t_1$ , мкс	$t_2$ , мкс	$P_{max}$ , Вт	
KT8175A	400	700	9	1,5	3	20	1	1,2	2	0,25	25	-
KT8181A	400	700	9	4	8	40	1	1,3	1,7	0,3	50	-
KT8182A	400	700	9	8	16	20	1	1,2	1,8	0,3	80	-
KT8108A	500	850	5	5	7	30	1	1,1	3,5	0,25	70	-
KT8136A	450	600	5	7	14	40	1	1,3	2,5	0,2	60	-
KT859AM1	400	800	10	3	4	20	1	1,1	2	0,35	40	-
MJE13003	400	700	9	1,5	3	8...40	0,5...1	1...1,1	2	0,4	40	-
MJE13005	400	700	9	4	8	40	0,5...1	1,2...1,5	1,7	0,4	75	-
MJE13007	400	700	9	8	16	20...40	0,5...1	1,2...1,5	1,7	0,4	80	-
MJE13009	400	700	9	12	24	20...40	0,5...1	1,2...1,5	1,7	0,4	100	-
BUL45D2	400	700	12... 14	5	10	20...30	0,28... 0,62	0,8	0,8	0,15	75	+
MJE 18002D2	450	1000	12	2	5	20	0,4	0,8	0,6	0,13	50	+

силовыми БМТ VT1 и VT2. Последовательно с обмоткой I включен токоограничительный дроссель L2, который с конденсатором C5 образует резонансный контур. Резонансная частота контура определяется по известной нам формуле

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L2 \cdot C5}}, \text{ кГц.}$$

В момент подачи напряжения на преобразователь и после его запуска в контуре L2, C5, EL1 появляется напряжение ударного возбужде-

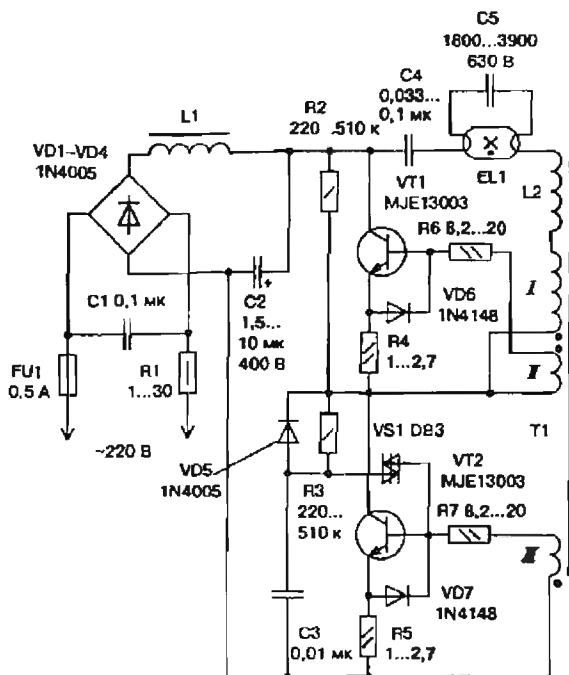


Рис. 2.39. Принципиальная схема полумостового инвертора с самовозбуждением на MJE13003

ния, импульсное значение которого составляет около 1000 В, что вполне достаточно для зажигания ЛЛ. После зажигания ток, который проходит через лампу, резко уменьшает добротность контура, шунтируя С5. Преобразователь работает на высокой частоте, и индуктивное сопротивление дросселя L2 ограничивает ток лампы.

Из особенностей работы преобразователя можно отметить узел автозапуска на симметричном динисторе VS1 и токовое управление коммутацией силовых транзисторов.

Цепь автозапуска необходима, поскольку генератор с обратной связью по току сам не запускается.

После включения питания конденсатор С3 заряжается через резисторы R2, R3. Когда напряжение на С3 достигает 30 В, симметричный динистор VS1 пробивается, и импульс разряда конденсатора С3 открывает транзистор VT2, в результате чего запускается генератор. С помощью диода VD5 в процессе работы генератора С3 поддерживают в разряженном состоянии.

Открытие VT2 и запуск генератора приводит к тому, что в обмотках трансформатора T1 наводится ЭДС, полярность которой определяется

направлением их обмотки. Полярность ЭДС в базовых обмотках обратных связей I и II противоположны. Поэтому открытие и закрытие силовых транзисторов происходит попеременно в момент насыщения сердечника трансформатора Т1.

Одним из недостатков подобных преобразователей является наличие сквозных токов через силовые транзисторы. Дело в том, что закрытый транзистор начинает открываться одновременно с началом закрывания открытого транзистора в момент насыщения трансформатора. Открывание транзистора происходит всегда быстрее, чем закрывание, в результате чего некоторое время (около 1 мкс) транзисторы обоих плеч моста преобразователя оказываются включенными. Спасает транзисторы MJE13003 от выхода из строя относительно высокое сопротивление в состоянии насыщения и наличие токоограничительных резисторов R4, R5 в эмиттерных цепях. Попытка установить в преобразователь транзисторы с малым сопротивлением насыщения (особенно в схемах, где отсутствуют токоограничительные резисторы R4, R5) приводит к их быстрому выходу из строя.

Элементы C1, R1 и L1 предотвращают распространение по электросети радиопомех, возникающих при работе генератора. Резистор R1 также ограничивает начальный токовый импульс, возникающий при заряде электролитического конденсатора C2.

Не стоит удивляться разбросу номиналов элементов, указанных на схеме, — он реально существует для ламп различной мощности и разных производителей, конечно, с учетом того, что парные элементы (например, резисторы R2 и R3) имеют одинаковые номиналы. Это же касается и диодов с транзисторами — на схеме указаны лишь наиболее часто встречающиеся типы. Дроссель L2 собран на миниатюрном Ш-образном магнитопроводе из феррита с наружными размерами 10...15 мм, с небольшим зазором. Его обмотка содержит 240...350 витков обмоточного провода диаметром 0,2 мм.

Трансформатор Т1 выполнен на кольцевом ферритовом магнитопроводе наружным диаметром 8...10 мм и высотой 3...5 мм, первичная обмотка (I) содержит 6...10 витков, обмотки II и III — по 2...3 витка, причем провод может быть как обмоточным диаметром 0,3...0,4 мм, так и обычным монтажным. Дроссель L1 — полтора-два десятка витков обмоточного провода диаметром 0,5 мм, намотанных на небольшом ферритовом стержне. Рабочая частота генератора определяется, в основном, параметрами трансформатора Т1 и при номинальной нагрузке равна 40...60 кГц.

Существует еще один вариант преобразователя, применяемый чаще всего в самых маломощных КЛЛ. Внешний вид платы такого балласта показан на рис. 2.40. Схема его приведена на рис. 2.41.



Рис. 2.40. Внешний вид мало мощного преобразователя

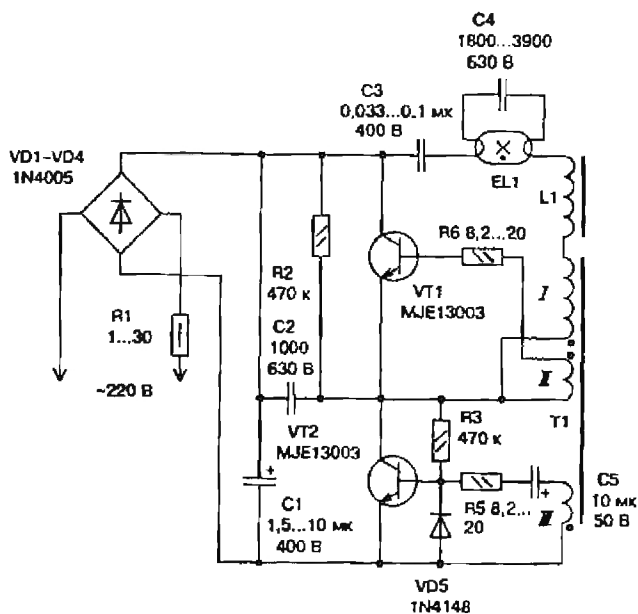


Рис. 2.41. Схема мало мощного преобразователя

Главное отличие от предыдущего варианта — отсутствие цепи автозапуска. Режим мягкого самовозбуждения создается здесь вследствие приоткрывания транзистора VT2 током через резисторы R2 и R3. Запуску также способствует конденсатор C5, создающий добавочный импульс базового тока транзистора VT2 в момент включения питания.

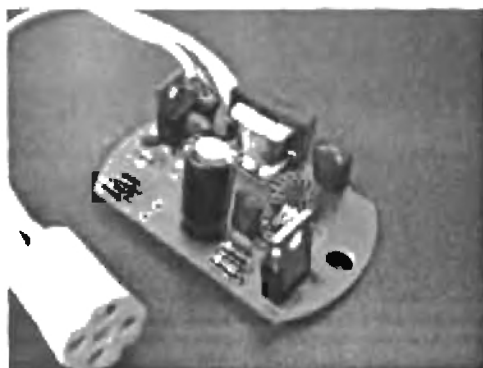
Следующие варианты электронных балластов предназначены для работы с более мощными ЛЛ, мощность которых от 18 до 36 Вт. Существуют варианты, работающие как на одну, так и на две ЛЛ.

Внешний вид недорогих электронных балластов показан на рис. 2.42.



*Рис. 2.42. Внешний вид недорогих электронных балластов*

Первый, на который мы обратим внимание, это электронный балласт китайской фирмы LUXOR (рис. 2.42*а*). Он предназначен для работы с кольцевыми лампами мощностью 22...32 Вт. На рис. 2.43 показан его внешний вид.



*Рис. 2.43. Внешний вид платы электронного балласта китайской фирмы LUXOR*

Схемотехнически и по принципу работы он не отличается от рассмотренных выше схем. На рис. 2.44 показана принципиальная электрическая схема. На рис. 2.45 — печатная плата с расположением элементов.

Следует отметить, что в погоне за уменьшением себестоимости электронного балласта китайские производители исключили помехоподавляющий фильтр и предохранитель. Фильтрующий конденсатор  $C1$  имеет минимальную величину, при которой еще сохраняется работоспособность устройства. Данная схема является классическим примером электронного балласта, наглядно показывающим, как при минимальном количестве недорогих элементов можно заставить светиться ЛЛ.

Некоторые китайские производители используют в электронных балластах с заявленной мощностью 40 Вт маломощные транзисторы. На рис. 2.46 показан внешний вид такого балласта.

Более надежным в плане схемотехники является электронный балласт фирмы VITO.

Внешний вид показан на рис. 2.47.

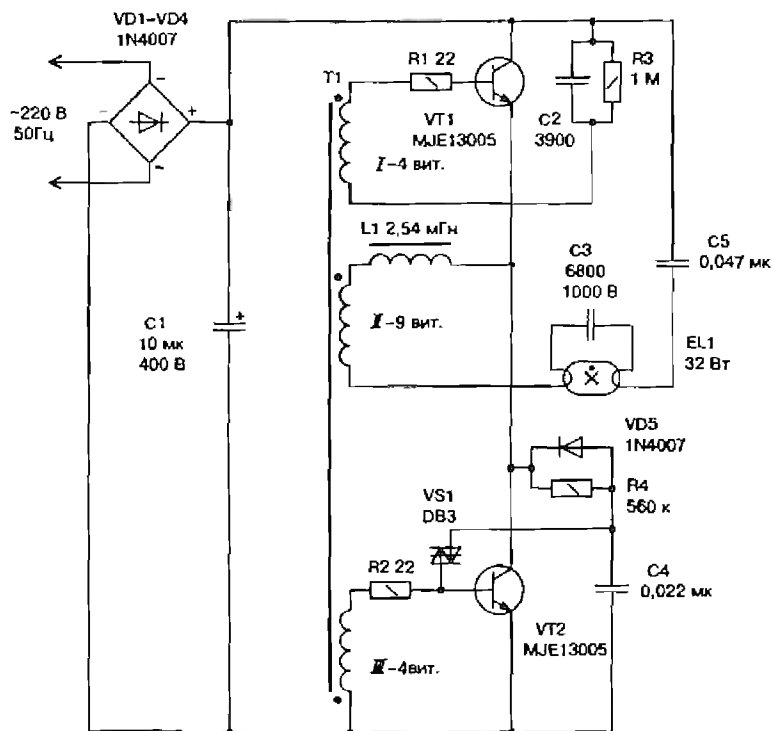


Рис. 2.44. Принципиальная схема электронного балласта LUXOR

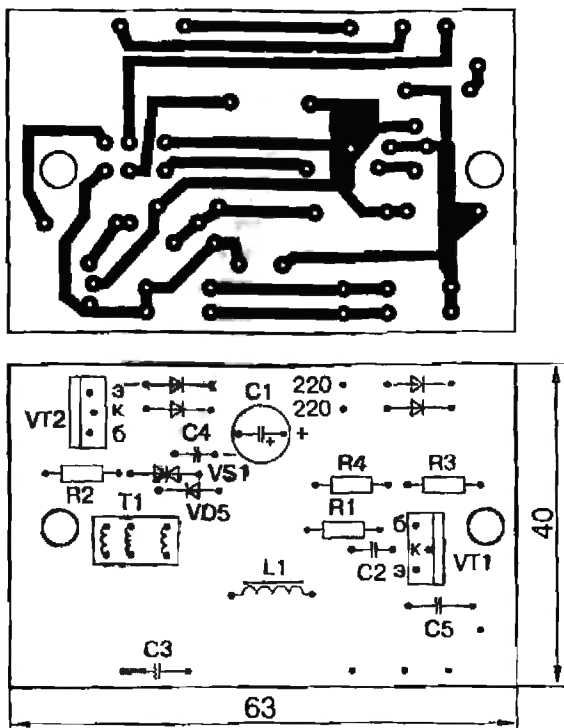


Рис. 2.45. Печатная плата и расположение элементов балласта LUXOR



Рис. 2.46. Внешний вид балласта с маломощными транзисторами

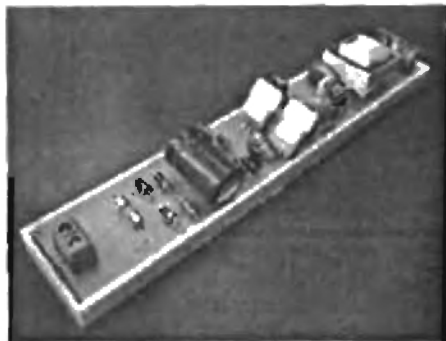


Рис. 2.47. Внешний вид балласта фирмы VITO

На плате установлен предохранитель; имеется также место для установки помехоподавляющего фильтра. На рис. 2.48 показана его принципиальная электрическая схема, а на рис. 2.49 — печатная плата с расположением элементов.

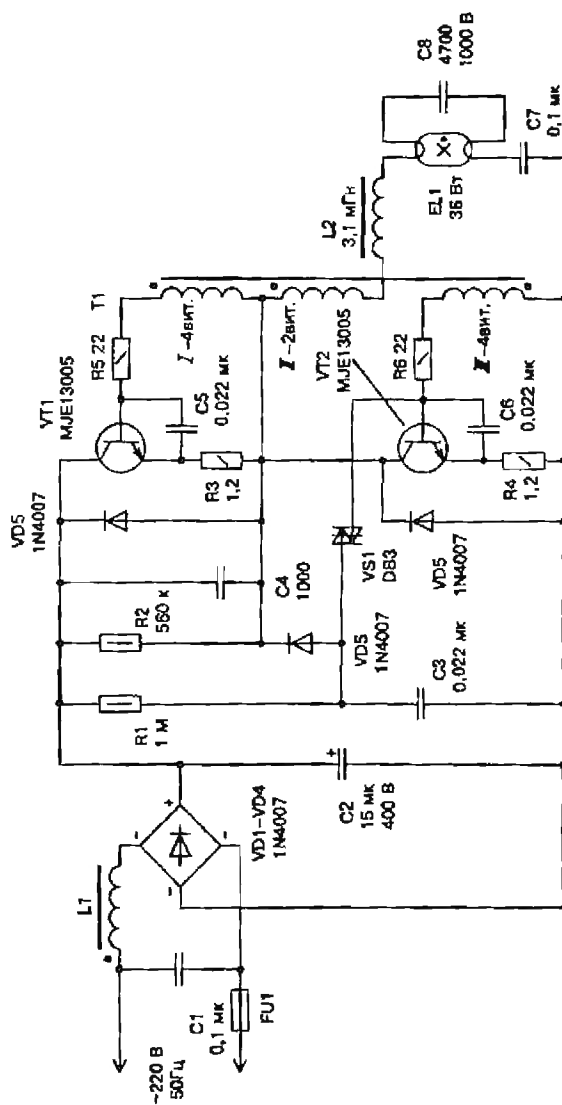


Рис. 2.48. Схема принципиальная балласта фирмы VITO



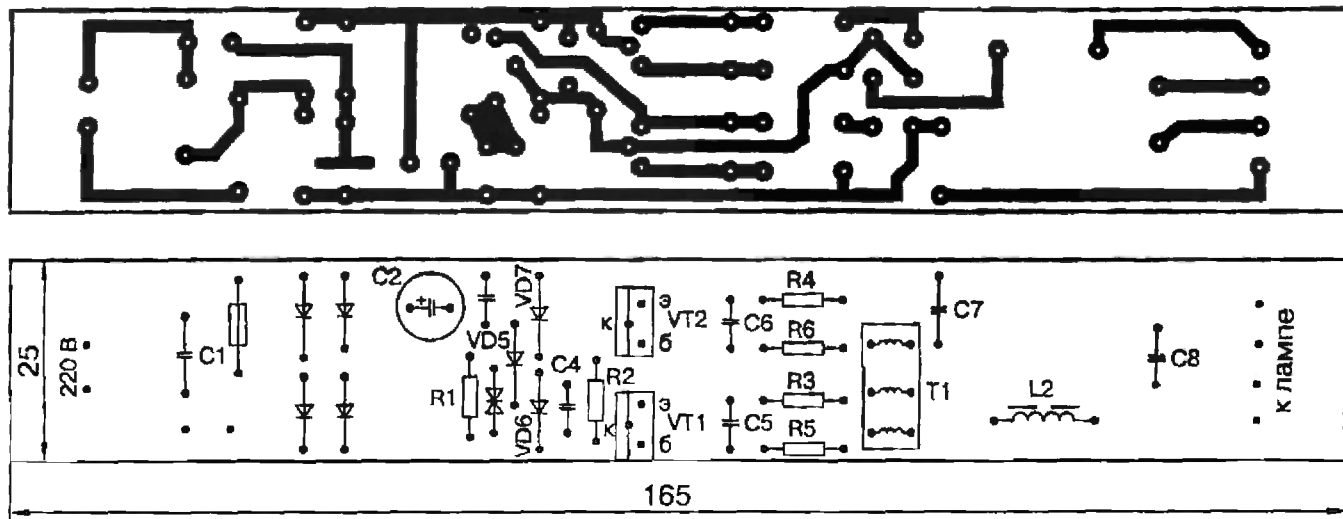


Рис. 2.49. Печатная плата и расположение элементов балласта фирмы VITO

Не все фирмы производители при реализации автогенераторных схем электронных балластов используют в качестве силовых ключей биполярные транзисторы. Например, фирма OSRAM в своей популярной 20-ваттной КЛЛ (внешний вид ее показан на рис. 2.50) типа DULUX EL LONG LIFE использует полевые транзисторы MOSFET 11N50 (12N50).

Эти транзисторы выпускают многие производители, поэтому в полном обозначении могут присутствовать дополнительные буквы, например IRFS11N50A.

Параметры транзистора IRFS11N50A:

- постоянный ток стока  $I_D$  ..... 11 А;
- импульсный ток стока  $I_{DM}$  ..... 44 А;
- максимальное напряжение сток-исток  $V_{DS}$  ..... 500 В;
- максимальная рассеиваемая мощность  $P_D$  ..... 170 Вт;
- диапазон рабочих температур  $T_j$  ..... -55...+150 °С;
- сопротивление в открытом состоянии ..... 0,52 Ом;
- общий заряд затвора  $Q_G$  ..... 52 нКл;
- входная емкость  $C_{ISS}$  ..... 1423 пФ.

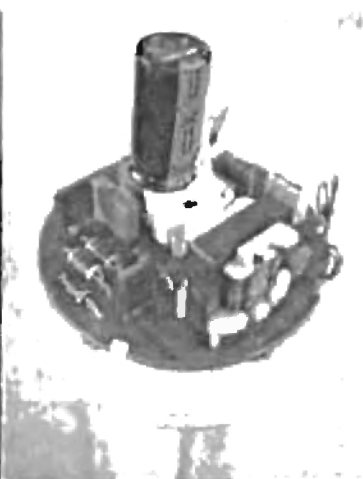


Рис. 2.50. Внешний вид КЛЛ OSRAM DULUX EL LONG LIFE 20W

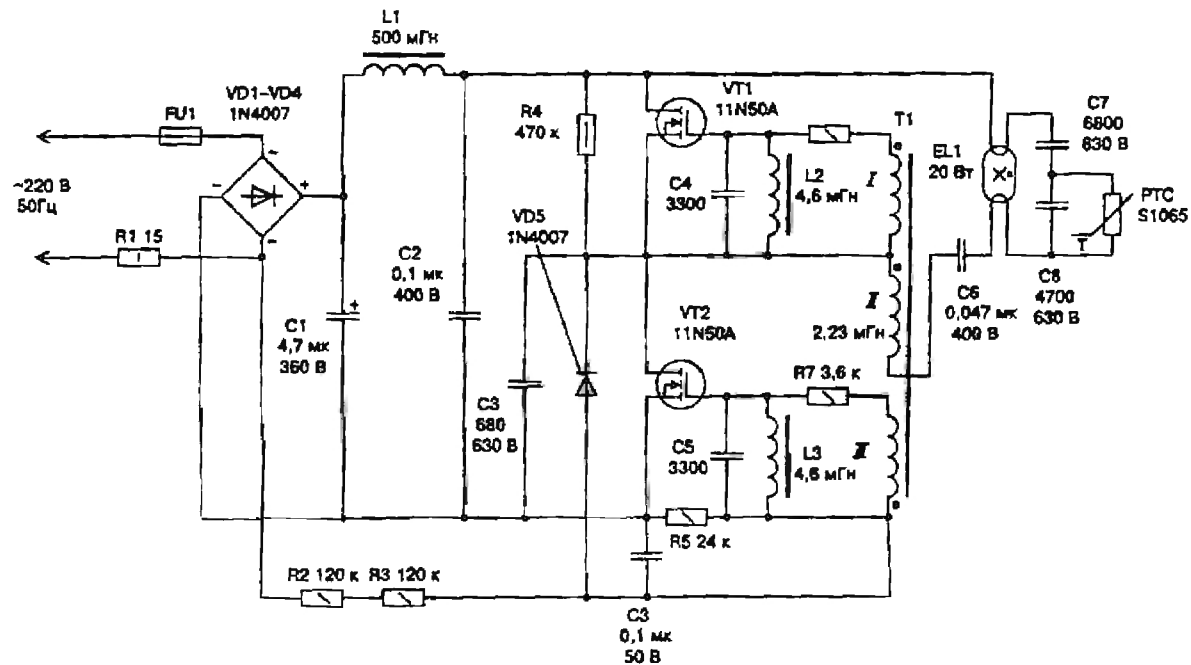


Рис. 2.51. Принципиальная электрическая схема электронного балласта КЛЛ OSRAM DULUX EL LONG LIFE

На рис. 2.51 показана принципиальная электрическая схема электронного балласта, используемого в КЛЛ OSRAM DULUX EL LONG LIFE.

Как особенность схемы можно отметить, что трансформатор Т1 выполнен на Ш-образном сердечнике типонаминала Ш5×5 с немагнитным зазором примерно 0,3 мм. Обмотка II, имеющая индуктивность 2,23 мГн, выполняет также функции токоограничительного дросселя для EL1.

В данном электронном балласте, в отличие от китайских собратьев, имеется помехоподавляющий фильтр L1, C2, а также реализован режим предварительного прогрева электродов EL1 с помощью позистора PTC S1065, что положительно отражается на сроке службе КЛЛ. Поэтому присутствие в названии лампы слов LONG LIFE (долгая жизнь) вполне оправдано.

### ЭПРА с питанием от низковольтных источников

В ряде случаев (при отдыхе на природе или отключении электроэнергии дома) возникает необходимость запитать ЛЛ от автономных низковольтных источников тока, например, от автомобильного аккумулятора.

Рассмотрим несколько конструкций, которые помогут решить нам эту проблему.

По схемотехническому исполнению электронные балласты, работающие от автономных низковольтных источников, разделяют на двухтактные и однотактные. И те, и другие могут быть реализованы как на специализированных микросхемах, так и на дискретных элементах.

Описываемое ниже устройство предназначено для питания люминесцентных ламп при освещении гаража, садового домика или других небольших помещений. Оно выполнено на доступных элементах и без труда может быть повторено радиолюбителями средней квалификации. К достоинствам устройства, в частности, относится его способность работать при пониженном до 5 В напряжении питания.

Данный электронный балласт рассчитан на питание люминесцентных ламп ЛБУ 30 мощностью 30 Вт и имеет следующие технические характеристики:

- номинальное напряжение питания . . . . . 13,2 В;
- номинальный входной ток . . . . . 2,6 А;
- частота преобразования . . . . . 20...25 кГц;
- КПД устройства . . . . . 85%.

Структурная схема преобразователя показана на рис. 2.52.

Преобразователь выполнен на базе повышающего инвертора напряжения, нагруженного на последовательный колебательный контур, обра-

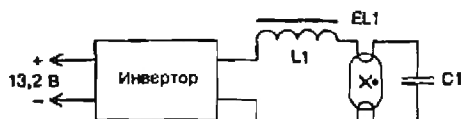


Рис. 2.52. Структурная схема преобразователя

зованный катушкой индуктивности  $L1$  и конденсатором  $C1$ , параллельно которому включена люминесцентная лампа  $EL1$ . Инвертор преобразует постоянное напряжение аккумуляторной батареи 13,2 В в переменное в виде импульсов прямоугольной формы амплитудой 150 В, поступающее на последовательный колебательный контур  $L1$ ,  $C1$ . Резонансная частота контура равна частоте питающего напряжения, а ток, протекающий через нагрузку, подключенную к конденсатору контура, не зависит от ее сопротивления. При этом в момент подачи питающего напряжения сопротивление лампы  $EL1$  велико, к конденсатору  $C1$  приложено высокое напряжение, а через катушку индуктивности  $L1$  протекает ток, превышающий номинальное значение. Этот ток течет и через нити накала  $EL1$ , разогревая их, что обеспечивает надежное включение лампы. При загорании лампы ее сопротивление падает и шунтирует конденсатор  $C1$ . В результате напряжение на нем снижается до значения, поддерживающего горение лампы, а ток через катушку индуктивности  $L1$  уменьшается до номинальной величины.

Принципиальная электрическая схема преобразователя показана на рис. 2.53.

Колебательный контур образован элементами  $L2$ ,  $C7$ . Инвертор выполнен по схеме двухтактного автогенератора с положительной обратной связью по току (ПОСТ) на элементах  $T1$ ,  $T2$ ,  $L1$ ,  $VT1$ ,  $VT2$ ,  $VD1$ — $VD6$ ,  $C2$ — $C5$ ,  $R1$ — $R4$ . Такое построение инвертора позволяет минимизировать энергию, затрачиваемую на управление ключевыми транзисторами  $VT1$ ,  $VT2$ , и снизить влияние напряжения источника питания на стабильность работы преобразователя. В этом случае легко обеспечиваются и оптимальные частоты преобразования. Кроме указанных выше элементов, преобразователь содержит плавкий предохранитель  $FU1$ , конденсатор  $C1$ , защищающий источник питания от импульсных токов, и цепочку  $C6$ ,  $R5$ , подавляющую высокочастотные колебания напряжения на обмотках трансформатора  $T2$ .

Работает преобразователь следующим образом. В момент подачи питающего напряжения транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$  закрыты, и напряжение на их коллекторах равно напряжению питания. Через резисторы  $R1$ ,  $R2$  протекает ток, заряжающий конденсаторы  $C2$ ,  $C3$  в направлении, противоположном их полярности, указанной на схеме. Через некоторое

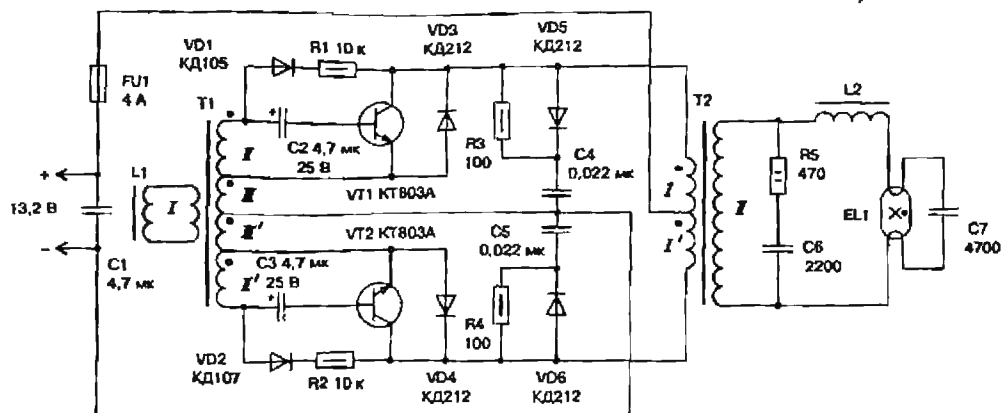


Рис. 2.53. Принципиальная электрическая схема преобразователя

время напряжение на базе одного из транзисторов (например, VT1) достигнет порога его открывания, и через коллекторную цепь потечет ток, который пройдет также через источник питания, обмотку I трансформатора T2 и обмотку III трансформатора T1. В результате появится ток и в обмотке II трансформатора T1, который, в свою очередь, потечет через конденсатор C2 и переход «база-эмиттер» транзистора VT1. При этом VT1 входит в режим насыщения, а конденсатор C2 перезаряжается в соответствии с указанной на схеме полярностью. Его перезарядка ограничивается диодом VD1. Таким образом происходит запуск преобразователя. Транзистор VT1 будет находиться в состоянии насыщения до тех пор, пока не прекратится базовый ток, что может произойти в результате снижения тока через первичную обмотку трансформатора T2 или при коротком замыкании обмоток трансформатора T1.

Запускается преобразователь на резонансной частоте контура L2C7, и транзисторы VT1, VT2 будут переключаться в момент перехода через нуль тока дросселя L2. После зажигания лампы EL1 и шунтирования ею конденсатора C7 передача энергии дросселя L2 лампе и конденсатору C7 затягивается, и частота преобразования снижается. Ее стабилизация при этом происходит на уровне, определяемом временем перемагничивания дросселя L1, который, насыщаясь, замыкает накоротко обмотку трансформатора T1, что приводит к закрыванию одного транзистора и открыванию другого. Частота настройки колебательного контура выбрана равной 46 кГц, а рабочая частота преобразователя — 20...25 кГц. При таком отношении частот обеспечивается максимальная эффективность работы. Цепочки C4, VD5, R3 и C5, VD6, R4 служат для снижения амплитуды коммутационного импульса на коллекторах транзисторов VT1, VT2 при их закрывании.

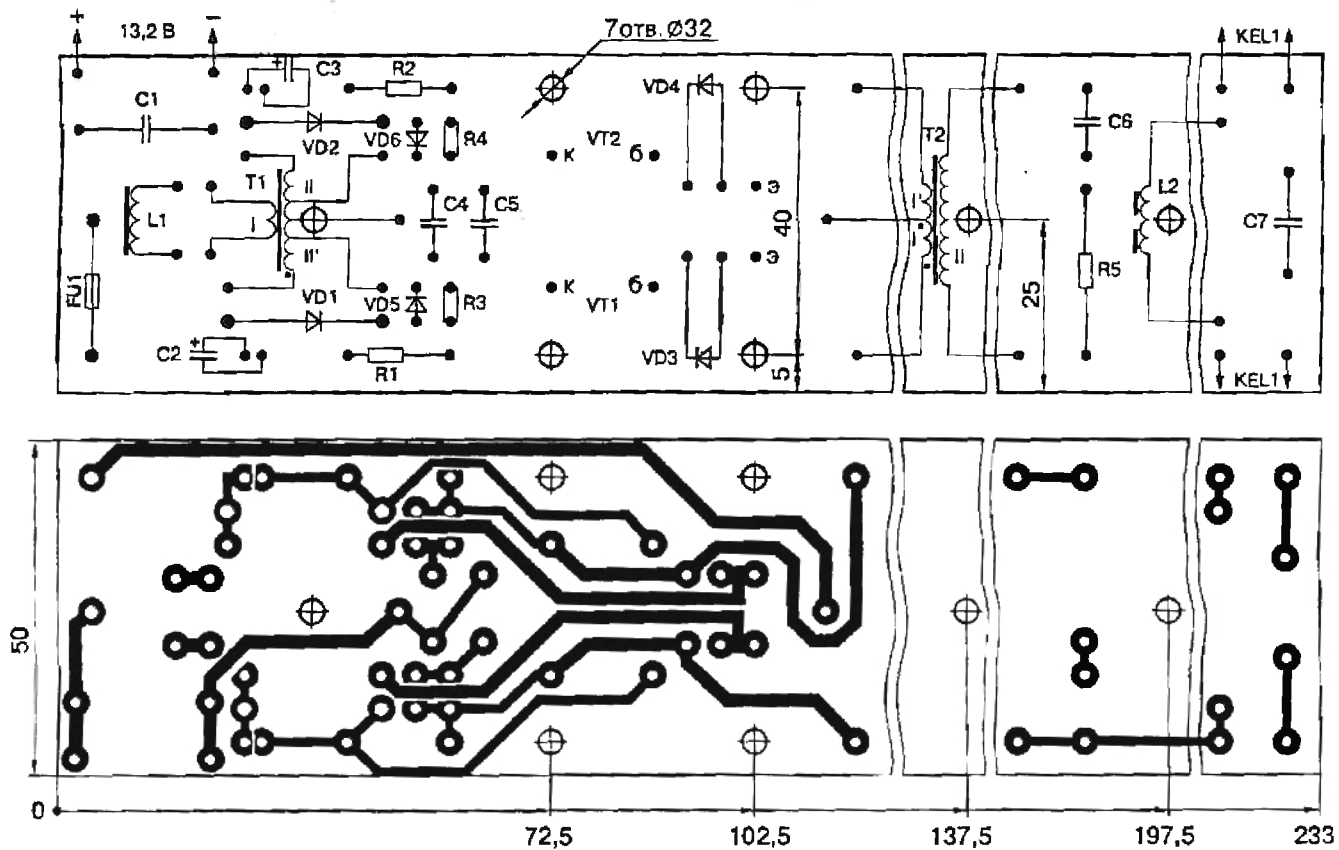


Рис. 2.54. Печатная плата преобразователя

Преобразователь смонтирован на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размерами 233×50 мм.

Чертеж возможного варианта печатной платы преобразователя изображен на рис. 2.54.

Плата рассчитана на установку резисторов МЛТ, конденсаторов К73-17 (С1, С4, С5), К50-35 (С2, С3) и К15-5 (остальные), диодов серий КД105 (VD1, VD2) и КД212 (VD3—VD6). Транзисторы VT1, VT2 закрепляют с помощью стандартных фланцев и винтов с гайками М4 на Г-образных теплоотводах (на рис. 2.54 изображены штрихпунктирными линиями). Каждый из них сгибают из пластины листового алюминиевого сплава АМц-П толщиной 2 мм (размеры заготовки — 85×50, полки — 50×12 мм) и привинчивают к плате винтами с гайками М3. Выводы транзисторов соединяют с печатными проводниками отрезками монтажного провода. Резисторы R3, R4 устанавливают перпендикулярно плате.

Электронный балласт может быть встроен в светильник или помещен в отдельный кожух. При монтаже дроссель L1 и трансформатор Т1 желательно разместить возможно дальше от трансформатора Т2 и дросселя L2, а окисидные конденсаторы С2, С3 не располагать в непосредственной близости от транзисторов VT1, VT2 и резистора R5.

В преобразователе применены конденсаторы К73-17 (С1, С4, С5) на напряжение 63 В, К50-35 (С2, С3) на напряжение 25 В и К15-5 (С6, С7) на напряжение 1,6 кВ. Транзисторы КТ803А можно заменить на КТ908 с любыми буквенными индексами. Их желательно выбрать с одинаковым коэффициентом передачи тока базы. Примененные в устройстве диоды КД105 могут иметь любой буквенный индекс. Подойдут и другие низкочастотные диоды с допустимым прямым током не менее 0,5 А. Диоды КД212 (VD3—VD6) также могут быть с любым буквенным индексом. Их допустимо заменить другими кремниевыми диодами, способными работать на частотах до 50 кГц и допускающими прямой ток не менее 2 А и обратное напряжение не менее 50 В.

Дроссели и трансформаторы намотаны на кольцевых магнитопроводах из феррита М2000НМ-1. Обмотки дросселей L1, L2 размещены на магнитопроводах К7×4×2 и К40×25×11 и содержат 5 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,63 мм и 140 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм соответственно. Обмотки трансформаторов Т1, Т2 намотаны на магнитопроводах К20×12×6 и К40×25×11 соответственно. Обмотки I, III и III' трансформатора Т1 содержат по 3 витка провода ПЭВ-2 диаметром 0,63 мм, а II и II' — по 12 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм. Каждая из обмоток I и I' трансформатора Т2 состоит из 11 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,8 мм, а обмотка II — из 140 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм. Обмотки I и I' трансформатора Т2 намотаны одновременно в два провода поверх обмотки II. Между обмотками



следует проложить лакоткань. Обмотки трансформатора Т1 необходимо расположить в соответствии со схемой, показанной на рис. 2.55.

Обмотка I должна размещаться симметрично относительно остальных обмоток с целью обеспечения симметрии полупериодов выходного напряжения и исключения одностороннего насыщения магнитопровода трансформатора, приводящего к увеличению потерь энергии. Дроссель L2 должен иметь немагнитный зазор. Для этого в его сердечнике перед намоткой нужно сделать пропил шириной 0,8 мм.

На время налаживания преобразователя вместо лампы EL1 и конденсатора С7 последовательно с дросселем L2 включают резистор сопротивлением 1 кОм и мощностью 5...10 Вт. Вначале проверяют надежность запуска преобразователя. Для этого на него подают питающее напряжение 5 В и, если он не начинает генерировать прямоугольные импульсы частотой 20...25 кГц, уменьшают сопротивление резисторов R1, R2, но не более, чем в три раза. Далее контролируют частоту генерации преобразователя. Для этого на него подают номинальное напряжение питания 13,2 В и с помощью осциллографа или частотомера определяют частоту переменного напряжения на обмотках трансформатора Т2. Если она выходит за пределы 20...25 кГц, изменяют число витков дросселя L1. Для увеличения частоты число витков дросселя L1 уменьшают, а для снижения — увеличивают. После этого восстанавливают выходные цепи преобразователя и последовательно с дросселем L2 включают резистор сопротивлением 10 Ом и мощностью 0,5...1,0 Вт. Затем на преобразователь подают номинальное напряжение питания, и после загорания лампы EL1 с помощью осциллографа контролируют форму напряжения на вновь установленном

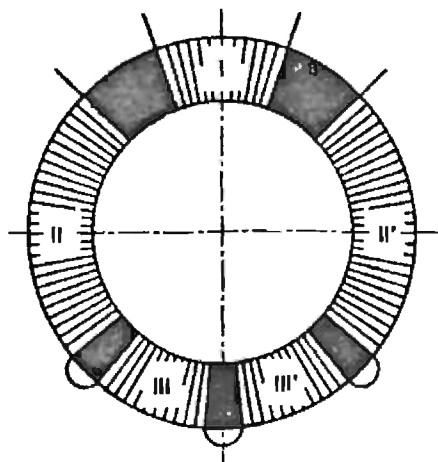


Рис. 2.55. Схема расположения обмоток трансформатора Т1

резисторе: она должна быть близкой к синусоидальной. Ток через дроссель L2 должен составлять около 0,22 А. При подаче питания на преобразователь лампа должна загораться не позднее чем через 1...2 с. Помимо лампы ЛБУ 30 совместно с описанным преобразователем могут работать и другие, рассчитанные на те же напряжение и ток.

Следующий вариант устройства питания от низковольтного источника — это электронный балласт, реализованный на специализированной микросхеме КР1211ЕУ1.

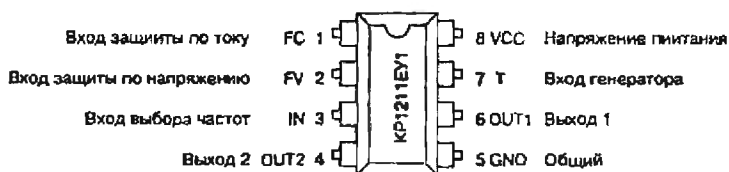
Микросхема 1211ЕУ1 представляет собой специализированный контроллер электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) для компактных люминесцентных ламп с питанием от бортовой сети постоянного тока 3...24 В. Производится по КМОП технологии. В табл. 2.12 приведены отличительные характеристики микросхем в разных корпусах.

Отличия микросхем с разной маркировкой

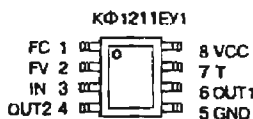
Таблица 2.12

Типономинал	Коэффициент деления К1	Коэффициент деления К2	Корпус	Диапазон температур, °С
КР1211ЕУ1	6 + 1	8 + 1	DIP-8	-45...+100
КФ1211ЕУ1	6 + 1	8 + 1	SOP-8	-45...+100
КР1211ЕУ1А	2 + 1	3 + 1	DIP-8	-45...+100
КФ1211ЕУ1А	2 + 1	3 + 1	SOP-8	-45...+100

Цоколевка корпусов показана на рис. 2.56.



Пластмассовый корпус типа DIP-8



Пластмассовый корпус типа SOP-8

Рис. 2.56. Назначение выводов микросхемы КР(КФ)1211ЕУ1А

Максимальные значения параметров и режимов:

- напряжение питания  $V_{CC}$  ..... 12 В;
- входное напряжение *высокого* уровня  $V_{IN}(H)$   
по входам IN, FV, FC .....  $V_{CC} + 0,5$  В;
- входное напряжение *низкого* уровня  $V_{IN}(L)$   
по входам IN, FV, FC .....  $-0,5$  В;
- максимальный выходной ток  $I_{OUT}$  ..... 250 мА;
- рассеиваемая мощность  $P_D$  ..... 750 мВт;
- максимальная емкость нагрузки  $C_L$  ..... 1000 пФ.

Электрические характеристики:

- напряжение питания  $V_{CC}$  ..... 3...9 В;
- входное напряжение *высокого* уровня  $V_{IN}(H)$   
по входам IN, FV, FC, не менее .....  $0,7 \cdot V_{CC}$ ;
- входное напряжение *низкого* уровня  $V_{IN}(L)$   
по входам IN, FV, FC, не более .....  $0,2 \cdot V_{CC}$ ;
- средний выходной ток для каждого выхода  $I_{OUT}(av)$  ..... 150 мА;
- частота задающего генератора  $f_T$ , не более ..... 5 МГц;
- входной ток *высокого* уровня  $I_{IN}(H)$  по входам  
IN, FV, FC, не более ..... 1 мкА;
- входной ток *низкого* уровня  $I_{IN}(L)$  по входам  
IN, FV, FC, не более ..... 1 мкА;
- ток потребления при  $f_T = 0$ , не более ..... 10 мкА.

### Описание работы

Структурная схема микросхемы 1211EУ1/А раскрыта на рис. 2.57.

Основная особенность микросхемы КР(КФ)1211EУ1 — наличие двух достаточно мощных каналов управления ключами, работающих в противофазе с обязательной паузой между выходными импульсами (импульс во втором канале появляется через некоторое время после окончания импульса в первом, и наоборот; в западной терминологии эта пауза носит название *Dead time* — время простоя). Благодаря этому микросхема хорошо подходит для построения несложных, легко повторяемых импульсных преобразователей напряжения.

Микросхема состоит из задающего генератора, делителя частоты, формирователя импульсов и выходных усилителей. Управление микросхемой производится через выводы IN, FC, FV. С выводами управления микросхемой связаны встроенные пороговые устройства. Вывод IN переключает делитель частоты и сбрасывает RS-триггер блокировки формирователя импульсов и выходных усилителей. При подаче на вывод

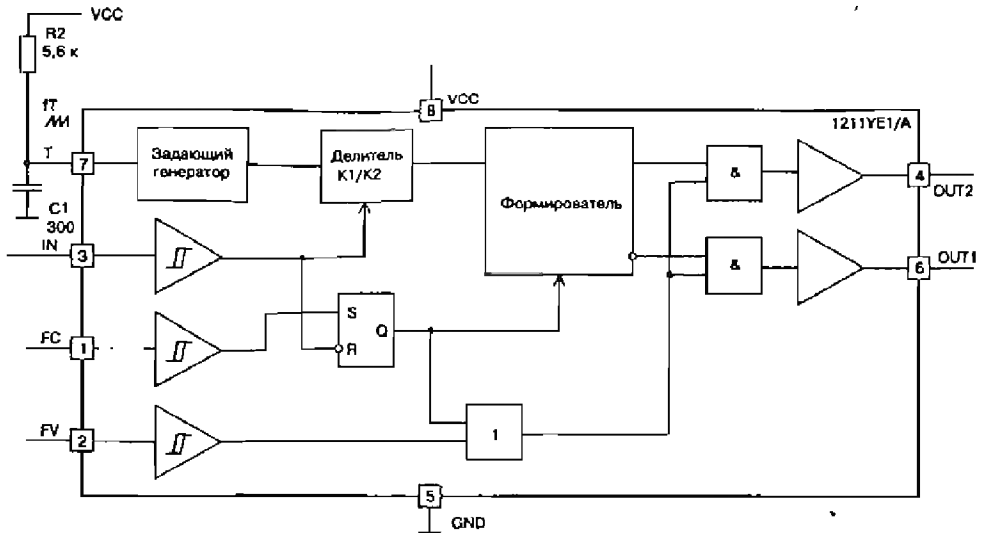


Рис. 2.57. Структурная схема микросхемы КР(КФ)1211ЕУ1А

IN напряжения *низкого* уровня выбирается коэффициент деления K1 и сбрасывается RS-триггер, при подаче *высокого* уровня выбирается коэффициент деления K2.

Выводы FC и FV служат для построения схем защиты. Подача на вывод FV напряжения *высокого* уровня вызывает выключение выходных усилителей (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю) на время, пока напряжение *высокого* уровня удерживается на этом выводе. Подача на вывод FC напряжения *высокого* уровня вызывает установку RS-триггера и выключение выходных усилителей (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю) до тех пор, пока по входу IN не будет сброшен RS-триггер.

Рабочая частота задающего генератора микросхемы зависит от параметров элементов цепи R2, C1, подключаемых к выводу T.

Ток, протекающий через резистор R2, заряжает конденсатор C1. Когда напряжение на нем повышается до уровня, равного примерно 2/3 от напряжения питания, открывается шунтирующий его внутренний ключ микросхемы, в результате чего конденсатор быстро разряжается. Далее цикл повторяется. Частоту колебаний  $f$  на входе T микросхемы можно оценить по формуле

$$f = \frac{1,4}{R2 \cdot C1}, \text{ кГц.}$$

Для устойчивой работы устройства емкость конденсатора  $C1$  должна быть не более 3000 пФ, а сопротивление резистора  $R2$  — не менее 500 Ом.

Импульсы пилообразной формы на входе  $T$  (рис. 2.58) служат основой для формирования выходных импульсов на выходах  $OUT1$  и  $OUT2$ . На них поочередно появляются прямоугольные импульсы, длительность которых зависит от уровня напряжения на входе  $IN$ . При низком логическом уровне она равна шести, а при высоком — восьми периодам колебаний задающего генератора. По окончании импульса формируется пауза длительностью, равной одному периоду колебаний задающего генератора, в течение которой напряжение на обоих выходах имеет низкий уровень. Затем появляется импульс в другом канале и т. д. Иными словами, частота следования импульсов на выходах микросхемы  $f_{ВЫХ}$  связана с частотой  $f$  следующими соотношениями:

- при низком уровне на входе  $IN$

$$f_{ВЫХ} = \frac{f}{6+1+6+1} = \frac{f}{14}, \text{ кГц};$$

- при высоком —

$$f_{ВЫХ} = \frac{f}{8+1+8+1} = \frac{f}{18}, \text{ кГц}.$$

Здесь суммы чисел в знаменателях — периоды колебаний на выходах  $OUT1$  и  $OUT2$ , выраженные через период колебаний на входе  $T$ .

Зависимость стабильности частоты генератора от изменения напряжения питания можно оценить по графику, приведенному на рис. 2.59.

Ток, потребляемый микросхемой, увеличивается с повышением частоты генератора, как показано на рис. 2.60.

Выход генератора подключен к управляемому делителю частоты, с выхода которого симметричные противофазные импульсы поступают

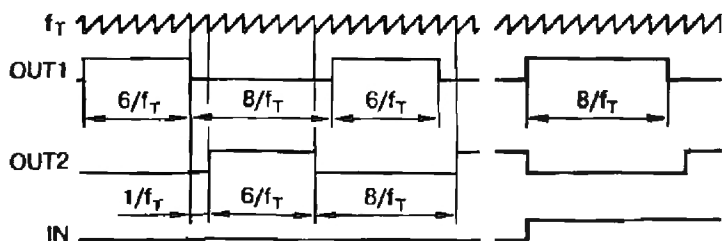


Рис. 2.58. Временные соотношения между входными и выходными сигналами

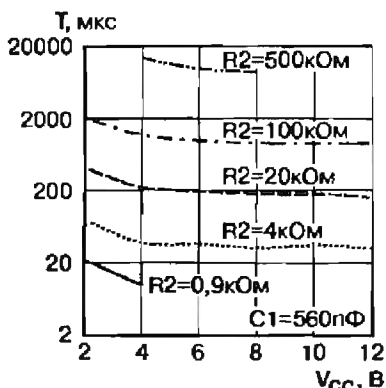


Рис. 2.59. Зависимость периода следования импульсов на выходе микросхемы 1211ЕУ1 от напряжения питания; коэффициент деления равен 14

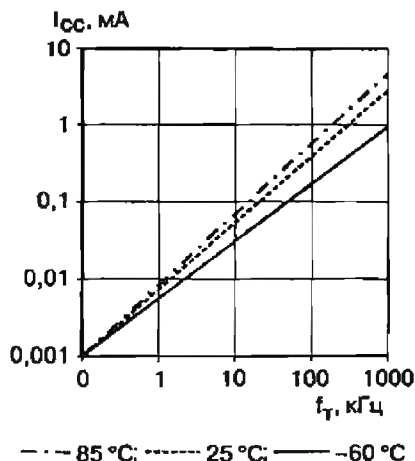


Рис. 2.60. Зависимость тока потребления от частоты генератора и температуры

на вход формирователя; формирователь обеспечивает паузу между ними длительностью в один период тактовой частоты, как показано на рис. 2.61.

Типовая схема применения микросхемы 1211ЕУ1/А в ЭПРА для люминесцентной лампы мощностью 9...15 Вт приведена на рис. 2.62.

Схема инвертора состоит из микросхемы 1211ЕУ1/А с времязадающими цепями и двухтактного трансформаторного каскада, нагрузкой которого является колебательный контур L2, С8 с люминесцентной лампой.

После включения схема производит разогрев катодов лампы напряжением с частотой на 30% выше резонансной, а затем подает на нее

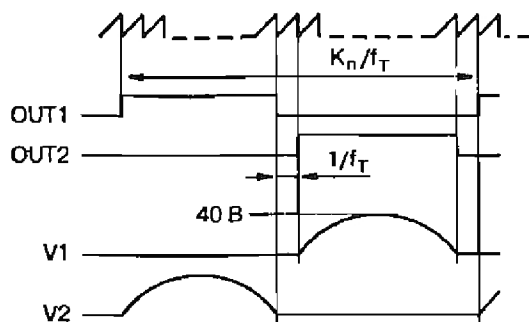


Рис. 2.61. Временные диаграммы работы инвертора

высокое напряжение с частотой, равной резонансной, под действием которого лампа начинает светиться в штатном режиме.

Частота импульсов, вырабатываемых генератором, подбирается такой, чтобы при высоком уровне напряжения на входе IN (при коэффициенте деления, равном  $K_2$ ) частота повторения импульсов на выходе микросхемы была равна резонансной частоте колебательного контура. При подаче напряжения питания ток, протекающий через резистор R2, начинает заряжать конденсатор C2, подключаемый к выводу IN. Постоянная времени RC-цепочки R2, C2 определяет время разогрева катодов лампы. При этом за время достижения порогового значения напряжения на входе IN производится разогрев катодов лампы частотой выше резонансной (коэффициент деления  $K_1$ ), а после достижения порогового значения — зажигание и свечение лампы (коэффициент деления  $K_2$ ). Для данной схемы резонансная частота колебательного контура равна 45 кГц, время заряда конденсатора C2 — 2 с.

Элементы L1, C5 и C6 обеспечивают изменение напряжения на стоках транзисторов по синусоидальному закону. Транзисторы переключаются при нулевом напряжении на стоке, вследствие чего разогрев транзисторов уменьшается за счет снижения коммутационных потерь.

Микросхема 1211EY1A отличается от 1211EY1 меньшими значениями обоих коэффициентов деления  $K_1$  и  $K_2$  (см. табл. 2.12) делителя частоты, что позволяет примерно вдвое уменьшить частоту задающего генератора  $f_T$ . Это сделано для того, чтобы длительность паузы между выходными импульсами, равная одному периоду тактовой частоты  $f_T$ , увеличилась также примерно в два раза, что позволяет эффективно использовать в качестве выходных ключей недорогие биполярные транзисторы с большим временем переключения, чем у полевых транзисторов.

Кроме полевых транзисторов, указанных на схеме, можно использовать КП742, КП723, IRLR2905, STD20NE06L, SPP80N04S2L, SPP80N06S2L.

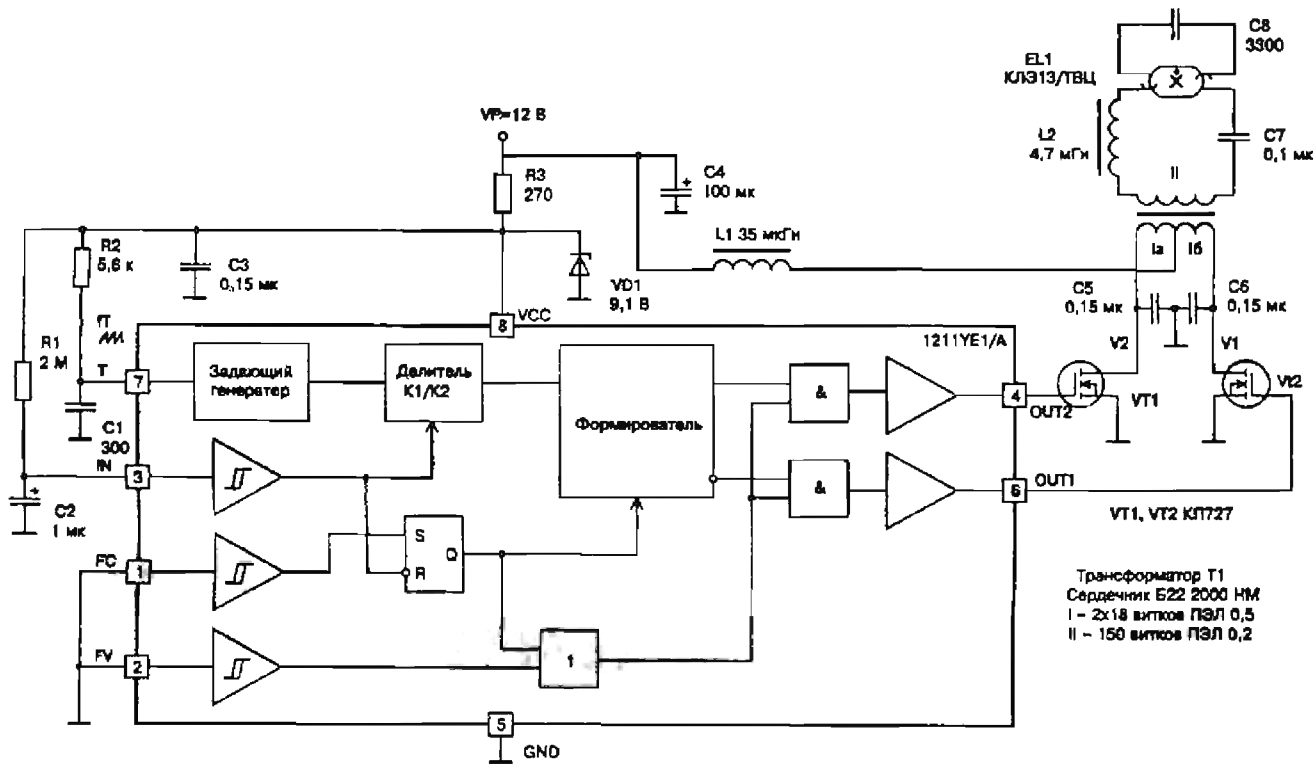


Рис. 2.62. Типовая схема включения микросхемы 1211ЕУ1/А в ЭПРА для люминесцентной лампы мощностью 9...15 Вт



В качестве повышающего трансформатора Т1 для ламп мощностью до 15 Вт используют броневые сердечники чашечного типа Б22 (где 22 — внешний диаметр чашки в миллиметрах) без зазора, марка феррита 2000НМ. Обмотка II содержит 150...170 витков ПЭЛ диаметром 0,3 мм, обмотка I — 2×18 витков ПЭЛ диаметром 0,6 мм.

Для ЛЛ мощностью 18...36 Вт следует брать более мощный сердечник, Ш-образный или броневой со средним kernом сечением 0,6...1 см<sup>2</sup>. Основные геометрические параметры некоторых магнитопроводов представлены в табл. 2.13.

Основные геометрические параметры некоторых магнитопроводов Таблица 2.13

Типоразмер	Длина средней силовой линии $l_M$ , см	Площадь сечения магнитопровода $S_M$ , см <sup>2</sup>	Площадь окна $S_{O1}$ , см <sup>2</sup>	$S_M \times S_{O1}$ , см <sup>3</sup>	Эффективный объем магнитопровода $V_M = l_M \times S_M$ , см <sup>3</sup>
K10×6×3	2,45	0,06	0,283	0,017	0,147
K10×6×4,5	2,52	0,09	0,283	0,025	0,227
K16×10×4,5	4,09	0,135	0,785	0,106	0,552
K20×12×6	5,03	0,24	1,13	0,271	1,21
K32×20×6	8,17	0,36	3,14	1,13	2,93
K38×24×7	9,75	0,49	4,52	2,22	4,77
K40×25×11	10,22	0,825	4,91	4,05	8,42
Ш5×5	4,31	0,3	0,52	0,156	1,29
Ш7×7	6,29	0,62	1,14	0,7	3,95
Ш10×10	8,38	1,0	2,1	2,1	8,38
Ш12×15	9,67	1,8	2,7	4,9	17,4
Ш16×20	12,3	3,21	4,2	13,5	39,5
Ш20×28	14,4	6,77	5,3	30,6	97,5
Б14	1,89	0,27	0,157	0,0425	0,529
Б22	3,04	0,69	0,39	0,258	2,1
Б30	4,41	1,46	0,812	1,0	6,44
Б36	5,4	2,2	0,854	1,84	11,9
Б48	6,92	3,74	1,967	7,0	25,88

Примечания. К — кольцевые магнитопроводы; Ш — Ш-образные; Б — броневые.  
 $S_M$ , см<sup>2</sup> — эффективное значение площади сечения магнитопровода;  
 $S_{O1}$ , см<sup>2</sup> — площадь окна магнитопровода;  
 $V_M = l_M \times S_M$ , см<sup>3</sup> — эффективный объем магнитопровода.

Число витков первичной обмотки определяют из расчета 1...1,4 витка на 1 В напряжения питания, диаметр провода — исходя из плотности тока 3...4 А/мм<sup>2</sup>. Например, при среднем токе первичной обмотке 2 А

следует использовать провод диаметром 0,8...1 мм. Аналогично рассчитывают число витков вторичной обмотки, амплитуда импульсов при этом должна быть не менее 150 В.

Токоограничительный дроссель L2 аналогичен дросселям, используемым в электронных балластах на IR2153, которые были рассмотрены выше.

Для расчета трансформаторов удобно пользоваться программой EvTrans, которую разработал А. С. Ревко. На сайте технической поддержки программы для расчета трансформаторов EvTrans (адреса в Интернете <http://evtrans.chat.ru/>, <http://inel.stu.cn.ua/~ast/evtrans/>) имеются также справочные данные по методикам расчета трансформаторов и самим трансформаторам.

Расчет трансформатора можно также производить с помощью программы Е. А. Москатова, которую можно найти в Интернете по адресу [ftp://ftp.radio.ru/pub/2004/soft\\_2004/Transformer\\_1.0.0.1.exe](ftp://ftp.radio.ru/pub/2004/soft_2004/Transformer_1.0.0.1.exe).

Методика расчета двухтактных трансформаторов имеется и в книге [9]. В Интернете доступна электронная версия этой книги по адресу [http://power.frikzona.org/books/pulse/semenov\\_se4landproff.djvu](http://power.frikzona.org/books/pulse/semenov_se4landproff.djvu).

### Замечания по применению

При повышении напряжения питания увеличивается напряжение, подводимое к лампе, и мощность, рассеиваемая микросхемой. Чтобы избежать выхода из строя как лампы, так и силовых транзисторов, в схему ЭПРА вводят блокировки по превышению напряжения питания (вывод FV) и потребляемому току (вывод FC).

Схема узла блокировки ЭПРА по превышению напряжения питания приведена на рис. 2.63.

Увеличение напряжения питания приводит к росту напряжения на входе FV. При превышении порога срабатывания происходит выключение выходных каскадов микросхемы (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю). Уровень срабатывания схемы защиты (максимально допустимое напряжение  $V_{P, \text{МАКС}}$ , подводимое к выходному каскаду) определяется выбором номиналов резисторов R1, R2:

$$V_{P, \text{МАКС}} = 0,6 \cdot V_{CC} \frac{R1 + R2}{R2}, \text{ В,}$$

где  $0,6 \cdot V_{CC}$  — порог срабатывания схемы защиты.

Сопротивление резистора R1 должно быть достаточно большим, чтобы ограничить ток через внутренний защитный диод при больших бросках напряжения питания.

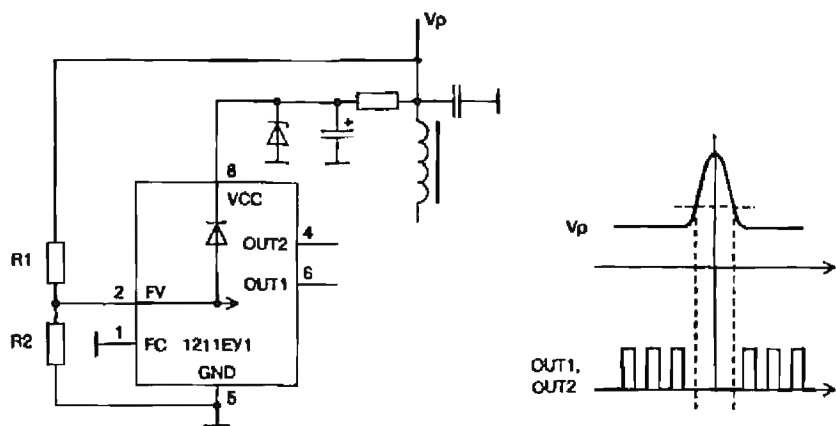


Рис. 2.63. Схема защиты выходного каскада по напряжению

Схема узла блокировки ЭПРА по превышению тока через лампу приведена на рис. 2.64.

В случае выхода лампы из строя резко увеличивается ток через лампу, что приводит к увеличению падения напряжения на спирали лампы. Это напряжение выпрямляется детектором  $VD1$ ,  $C1$  и через делитель  $R1$ ,  $R2$  подается на вход  $FC$ . Для предотвращения случайного срабатывания от помех параллельно резистору  $R1$  включен конденсатор  $C1$ . Делитель  $R1$ ,  $R2$  должен быть рассчитан так, чтобы при максимально допустимом токе через лампу напряжение на входе  $FC$  составило  $0,6 \cdot V_{CC}$ .

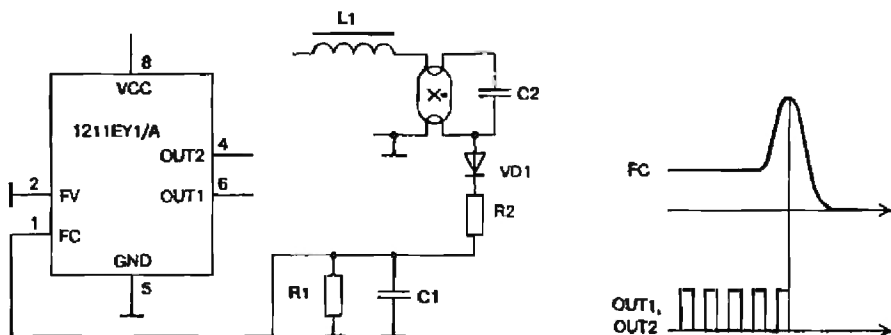


Рис. 2.64. Схема защиты выходного каскада по току

На рис. 2.65 представлена схема ЭПРА с защитой силовых ключей.

Эта схема аналогична схеме, показанной на рис. 2.62, но дополнена узлами защиты. Дополнительные резисторы R3, R4 и перемычки X1, X2 позволяют уменьшать рабочую частоту задающего генератора на 5, 10 и 15%. Элементы VD1 и R5 обеспечивают защиту от бросков напряжения питания. При увеличении напряжения питания  $V_p$  до 17 В открывается стабилитрон VD1, напряжение на входе FV составит 5 В, что соответствует порогу срабатывания схемы защиты. Напряжение на выводах OUT1, OUT2 при этом станет равным нулю, транзисторы VT1, VT2 закрываются. Резистор R6 ограничивает ток по входу FV на уровне 5 мА при бросках напряжения до 100 В.

Резистор R11 является датчиком тока. Напряжение с него поступает на детектор VD3, C8 и далее на вход FC. Подбирая резистор R11, устанавливают порог  $I_{MAX}$  срабатывания защиты по току:

$$I_{MAX} = \frac{0,6 \cdot V_{CC}}{R11}$$

При необходимости это значение можно пересчитать с учетом коэффициента трансформации трансформатора T1 в ток потребления от источника питания.

Элементы R7, R8, C5 позволяют ограничить выбросы напряжения на стоках полевых транзисторов VT1, VT2 в моменты коммутации на уровне  $0,2 \cdot V_p$ .

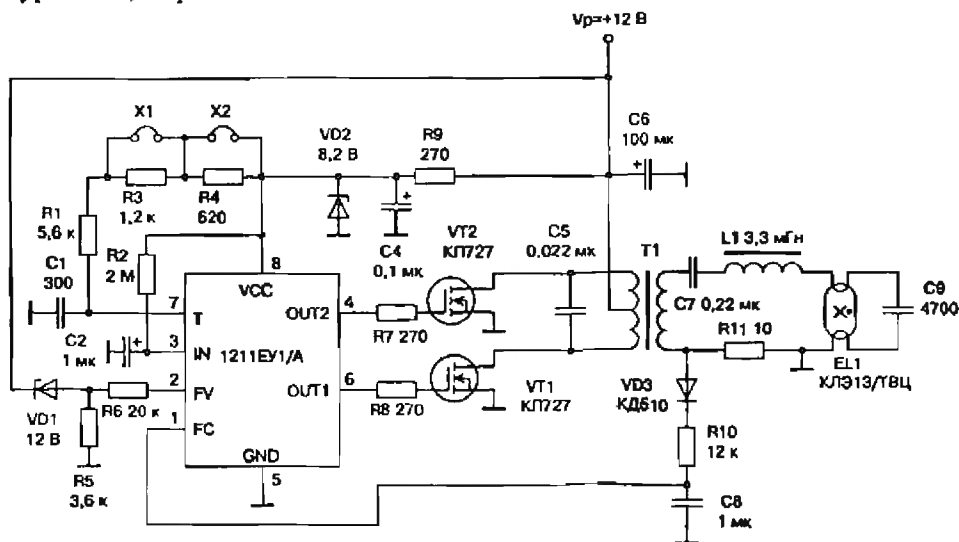


Рис. 2.65. Схема ЭПРА с защитой силовых ключей

Нагрузочная характеристика микросхемы представлена на рис. 2.66.

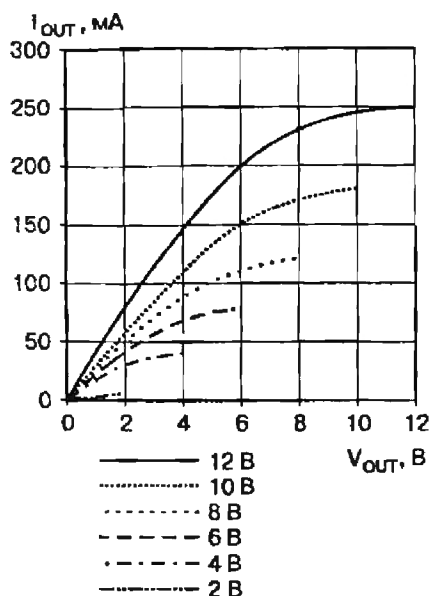


Рис. 2.66. Нагрузочная характеристика микросхемы

Одним из вариантов практической реализации ЭПРА на КР1211ЕУ1 с питанием от бортовой сети автомобиля (11...15 В) является устройство, принципиальная схема которого показана на рис. 2.67. Это устройство пригодится как дома, так и при отдыхе на природе.

Технические характеристики:

- напряжение питания ..... 11...15 В (типовое 14,4 В);
- ток потребления ..... 1 А;
- КПД ..... 95%;
- рекомендуемый тип лампы ..... 4-х выводная КЛЛ мощностью 11...15 Вт;
- размеры печатной платы ..... 67×45 мм.

Для подключения к питающей сети и к лампе на плате размешены клеммные колодки. Печатная плата преобразователя может быть помещена в корпус с габаритными размерами 72×50×28 мм.

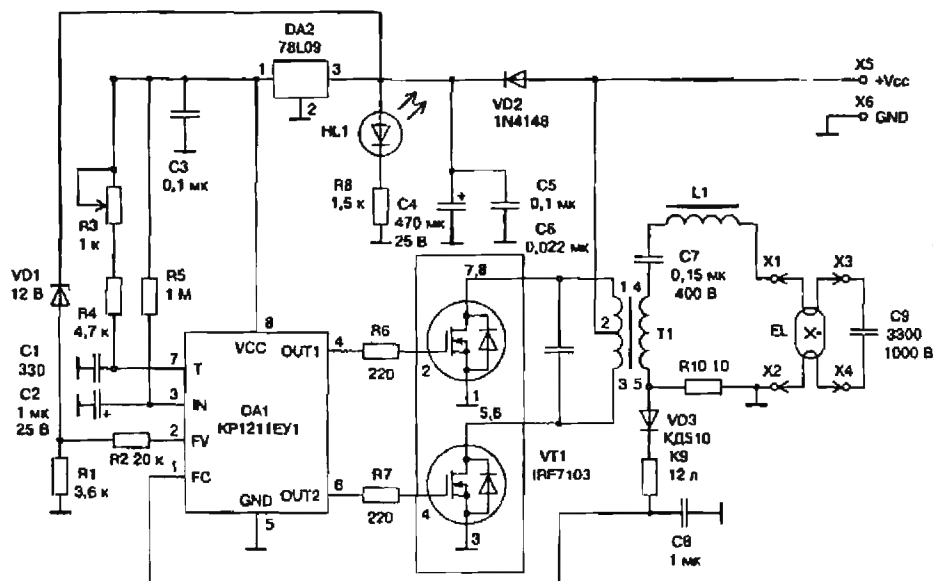


Рис. 2.67. Принципиальная электрическая схема ЭПРА на KP1211EY1

### Описание работы

Электронный балласт выполнен по схеме двухтактного преобразователя напряжения на базе специализированного генератора KP1211EY1 (DA1). Генератор формирует две последовательности противофазных импульсов с защитным промежутком для управления парой мощных ключей (VT1), коммутирующих обмотки силового трансформатора T1. В качестве силовых ключей используется сборка полевых транзисторов IRF7103. Частота генерации регулируется переменным резистором R3 в диапазоне 20...30 кГц. Светодиод HL1 индицирует подачу питания на устройство.

Данная схема имеет защиту от превышения напряжения питания и защиту выходного каскада по току.

Напряжение питания подключается к контактам X5 (+), X6 (-).

Лампа подключаются к контактам X1, X2 и X3, X4.

### Моточные узлы

Дроссель L1 индуктивностью 3,3 мГн выполнен на Ш-образном магнитопроводе из феррита М2000НМ. Типоразмер сердечника — Ш5×5 с зазором  $\delta = 0,4$  мм. Провод диаметром 0,2 мм, обмотка содержит 230...240 витков.

Импульсный трансформатор Т1 выполнен на броневом сердечнике Б22 из феррита 2000НМ; обмотки 1...2 и 2...3 содержат по 18 витков провода ПЭЛ диаметром 0,5 мм; обмотка 4...5 содержит 150...160 витков провода ПЭЛ диаметром 0,2 мм.

Конструктивно балласт выполнен на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размерами 67×45 мм. Печатная плата показана на рис. 2.68.

Надо отметить, что вместо КР1211ЕУ1 вполне можно использовать специализированные микросхемы IR2153, IR2156, IR2520, UBA2021, которые предназначены для реализации высоковольтных балластов, учитывая, что минимальное напряжение питания у этих микросхем составляет около 9...10 В.

### Однотактные преобразователи

Довольно часто для реализации электронных балластов, работающих от низковольтных источников питания, используют однотактные повышающие преобразователи. Достоинством этих преобразователей является низкая стоимость реализации.

Среди различных схем предельной простотой отличается однотактный автогенераторный преобразователь, схема которого приведена на рис. 2.69.

Рассмотрим вначале кратко принцип его работы.

Трансформатор Т1 — линейный дроссель; интервалы накопления энергии в нем и передачи накопленной энергии в нагрузку разнесены во времени. На рис. 2.70 показаны временные диаграммы, поясняющие работу преобразователя.

При подключении питающего напряжения  $U_{\text{пит}}$  через резистор R1 начинает проходить ток базы транзистора VT1. Дiode VD1 препятствует прохождению тока по цепи базовой обмотки, а шунтирующий его конденсатор C2 увеличивает положительную обратную связь (ПОС) на этапе формирования фронтов напряжения. Транзистор приоткрывается, замыкается цепь ПОС через трансформатор Т1, в котором происходит регенеративный процесс накопления энергии. Транзистор VT1 входит в насыщение. К первичной обмотке трансформатора приложено напря-

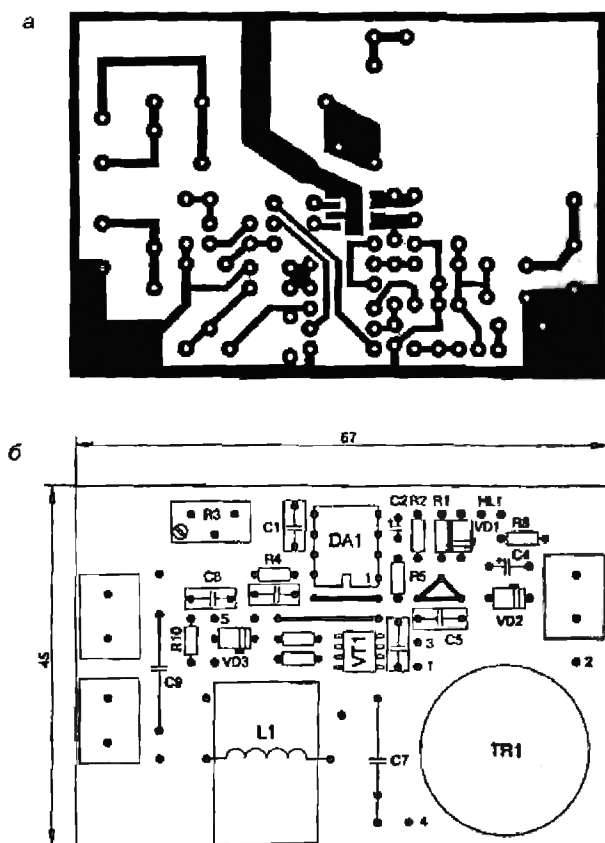


Рис. 2.68. Печатная плата балласта:  
а — рисунок печатных проводников, б — размещение элементов

жение питания, и ток  $I_1$  (ток коллектора  $I_K$  транзистора VT1) линейно нарастает. Ток базы  $I_B$  насыщенного транзистора определяется напряжением на обмотке III и сопротивлением резистора R2. Когда ток коллектора  $I_K$  достигнет значения

$$I_{K \max} = h_{21Э} \cdot I_B, \quad (1)$$



где  $h_{21Э}$  — статический коэффициент передачи тока транзистора VT1, транзистор выходит из режима насыщения, и развивается обратный регенеративный процесс: транзистор закрывается, и энергия, накопленная трансформатором, передается в нагрузку. После уменьшения тока вторичной обмотки вновь начинается этап накопления энергии. Интервал времени  $t_n$  максимален при включении преобразователя, когда конденсатор СЗ разряжен, и напряжение на нагрузке равно нулю.

Рассматриваемая схема является функциональным преобразователем источника напряжения питания  $U_{ПИТ}$  в источник тока нагрузки  $I_n$ . Важно отметить, поскольку этапы накопления энергии и ее передачи разнесены во времени, максимальный ток коллектора транзистора не зависит от тока нагрузки, т. е. преобразователь полностью защищен от замыканий на выходе. Однако при включении преобразователя без нагрузки (режим холостого хода) всплеск напряжения на обмотке трансформатора в момент закрывания транзистора может превысить максимально допустимое значение напряжения «коллектор-эмиттер» и вывести транзистор из строя.

Недостаток простейшего преобразователя — зависимость тока коллектора  $I_{К\text{ max}}$ , а следовательно, и выходного напряжения от статического коэффициента передачи тока транзистора VT1. Поэтому параметры источника питания будут значительно отличаться при использовании различных экземпляров транзисторов.

Гораздо более стабильными характеристиками обладает преобразователь, использующий «самозащищенный» переключательный транзистор. На рис. 2.71 показана схема преобразователя с защитой по току коллектора ключевого транзистора.

Пилообразное напряжение с резистора R3, пропорциональное току первичной обмотки трансформатора, подано на базу вспомогательного транзистора VT2. Как только напряжение на резисторе R3 достигнет порога открывания транзистора VT2 (около 0,6 В), он откроется и ограничит ток базы транзистора VT1, что прервет процесс накопления энергии в трансформаторе. Максимальный ток первичной обмотки трансформатора

$$I_{I\text{ max}} = I_{К\text{ max}} = 0,6/R3 \quad (2)$$

оказывается мало зависящим от параметров конкретного экземпляра транзистора. Естественно, рассчитанное по формуле (2) значение ограничения тока должно быть меньше тока, определенного по формуле (1) для наихудшего значения статического коэффициента передачи тока.

Теперь рассмотрим практические схемы реализации электронных балластов.

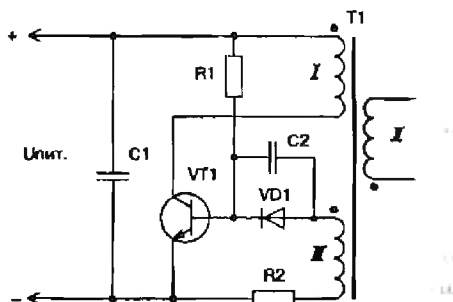


Рис. 2.69. Схема однопulse преобразователя

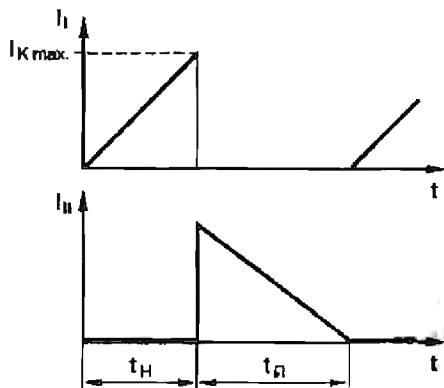


Рис. 2.70. Форма тока в обмотках трансформатора:  $I_1$  — ток первичной обмотки трансформатора,  $I_2$  — ток вторичной обмотки.  $t_H$  — интервал накопления энергии в дросселе,  $t_П$  — интервал передачи энергии а нагрузку

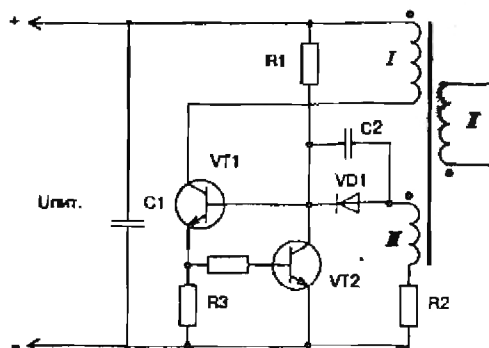


Рис. 2.71. Схема преобразователя с защитой по току коллектора

Основа светильника, схема которого показана на рис. 2.72, — блокинг-генератор на транзисторе VT3. Резистор R7 ограничивает ток базы транзистора. Диод VD1 защищает устройство от подключения к источнику питания (аккумуляторной батарее) в неправильной полярности. Источниками освещения служат две соединенные последовательно линейные ЛЛ EL1 и EL2 мощностью по 6 Вт (например, китайская TS F6T5). Светильник проверен и с одиночными ЛЛ мощностью 6 и 18 Вт. По соотношению яркости и потребляемого тока выбор был сделан в пользу двух ЛЛ по 6 Вт.

Индикатор разрядки батареи не обязателен (все входящие в него элементы можно на плату не устанавливать), но он очень полезен, особенно при использовании аккумуляторной батареи сравнительно небольшой емкости (например, мотоциклетной). Индикатор состоит из светодиода HL1, транзисторов VT1, VT2, резисторов R1—R5, конденсатора C1 и представляет собой триггер Шмитта. Чтобы достичь достаточно малой ширины петли гистерезиса триггера, номиналы резисторов R1 и R3 пришлось увеличить, а резистора положительной обратной связи R5 уменьшить. Резистор R4 ограничивает ток через светодиод HL1. Конденсатор C1 — помехоподавляющий.

Пока аккумуляторная батарея заряжена в достаточной степени, транзистор VT1 открыт, так как на его базе напряжение больше порога открывания. Транзистор VT2 закрыт — его участок «база-эмиттер» зашунтирован открытым транзистором VT1. Светодиод HL1 погашен.

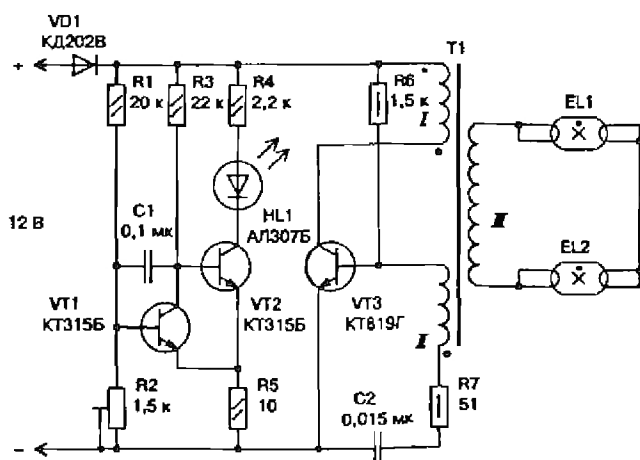


Рис. 2.72. Схема светильника с двумя ЛЛ по 6 Вт

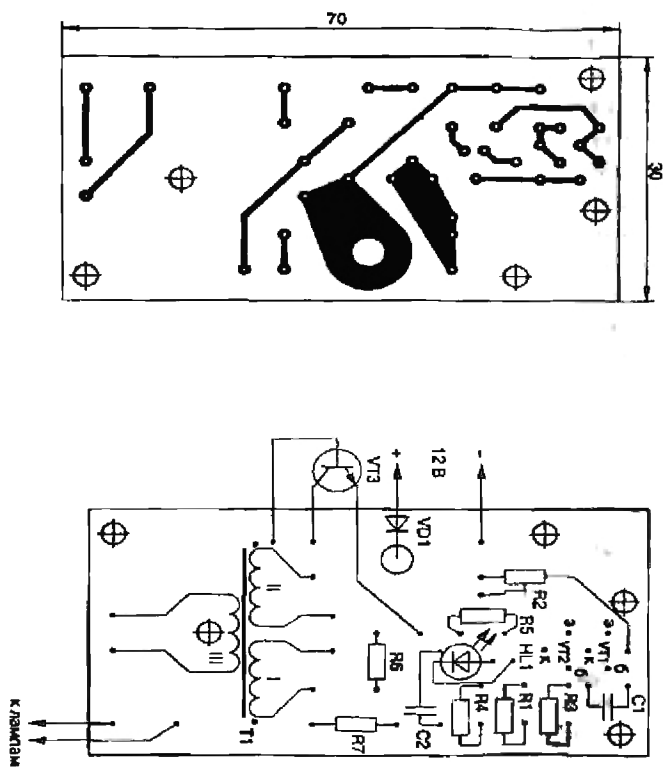


Рис. 2.73. Печатная плата преобразователя

По мере разрядки батареи напряжение на базе транзистора VT1 снижается, транзистор VT1 начнет закрываться. За счет положительной обратной связи процесс протекает лавинообразно. В результате транзистор VT1 закрывается полностью, VT2 открывается, светодиод HL1 зажигается. В дежурном режиме индикатор потребляет не более 1 мА, а после срабатывания — приблизительно 5 мА. Весь узел питания ЛЛ смонтирован на печатной плате из односторонне фольгированного стеклотекстолита, показанной на рис. 2.73.

В преобразователе использованы постоянные резисторы МЛТ указанной на схеме мощности. Подстроечный резистор R2 — многооборотный СП5-3. Конденсатор C2 — К73-9, в качестве C1 подойдет любой малогабаритный. Транзисторы VT1, VT2 — серий КТ315, КТ3102 с любыми буквенными индексами. Диод VD1 должен быть рассчитан на ток, не меньший потребляемого светильником от батареи, а он, в свою очередь, зависит от мощности установленных ЛЛ. При одной лампе мощностью 6 Вт здесь можно применить диод из серии КД226. Светодиод HL1 — любого цвета свечения, но лучше красного, наиболее подходящего для сигнализации о ситуации, требующей вмешательства. Из нескольких транзисторов серий КТ815, КТ817, КТ819, опробованных в качестве VT3, указанный на схеме КТ819Г обеспечил надежное включение ЛЛ. Кроме того, у него достаточно большой запас по предельному току и напряжению. Последний особенно необходим при случайном отключении нагрузки от работающего генератора. Например, транзистор КТ815Б с максимальным напряжением коллектор-эмиттер 25 В исправно работал, пока не оборвался один из проводов, соединяющих ЛЛ с обмоткой III трансформатора T1. Транзистор был немедленно пробит.

Магнитопровод трансформатора T1 — Б22 из феррита 2000НМ1. Обмотки I (9 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,45 мм) и II (10 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,3 мм) начинают наматывать одновременно двумя проводами виток к витку. После девятого конец обмотки I закрепляют в прорези каркаса, затем доматывают последний виток обмотки II. Каркас с готовыми обмотками I и II тщательно пропитывают парафином и оборачивают тонкой бумагой в два слоя, проглаживая каждый слой жалом разогретого паяльника. В результате бумага впитывает излишки парафина и плотно прилегает к проводам обмоток, фиксируя их и обеспечивая необходимую изоляцию. Далее наматывают высоковольтную обмотку III. Для одной ЛЛ она должна содержать 180, для двух, соединенных последовательно, — 240...250 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,16 мм. Витки укладывают внавал, стараясь распределить их как можно равномернее. Нужно следить, чтобы те из них, которые находятся в начале и в конце обмотки, не касались друг друга. Например, очень нежелательно помещать оба вывода обмотки III в одну и ту же прорезь

каркаса. Катушку еще раз пропитывают парафином и вставляют в магнитопровод, который собирают с зазором 0,2 мм между чашками, используя для этого прокладку из бумаги или тонкой пластмассы.

Трансформатор Т1 крепят к плате винтом из немагнитного материала, пропущенным через центральное отверстие магнитопровода. Такой способ, в отличие от сборки на клею, обеспечивает надежную фиксацию трансформатора на плате, а при необходимости — быстрый демонтаж.

Светильник собирают на деревянном (фанерном) основании размерами 280×75×6 мм. В верхней части основания параллельно друг другу располагают две ЛЛ, в нижней — печатную плату, накрытую кожухом из алюминиевого листа. В кожухе предусматривают отверстия для светодиода HL1 и соединительных проводов, в том числе двух многожильных с зажимами «крокодил» для подключения к аккумуляторной батарее. Транзистор VT3 крепят к кожуху, используя последний в качестве теплоотвода.

ЛЛ устанавливают на два приклеенных к основанию деревянных бруска сечением 15×10 мм. Один из них располагают у верхней кромки основания, другой — ниже, на расстоянии, равном длине ЛЛ без выводов (215 мм). Под выводами ламп на брусках устанавливают контакты из жести. Контакт на верхнем бруске служит одновременно переключкой между двумя ЛЛ, а к двум на нижнем подключают выводы обмотки III трансформатора Т1. ЛЛ крепят четырьмя ввинченными между их выводами шурупами. В контактах необходимо заранее просверлить отверстия под шурупы, а под головки последних обязательно подложить шайбы. Такой способ крепления обеспечивает надежное соединение ЛЛ с трансформатором и позволяет заменять лампы, не прибегая к паяльнику. Для лучшей светоотдачи основание под лампами оклеивают светоотражающей пленкой или фольгой.

Перед первым включением светильника обязательно проверяют качество соединения ЛЛ с обмоткой III трансформатора Т1. Плохой контакт может привести к пробоям не только транзистора VT3, но и трансформатора. Если после подачи напряжения питания отсутствует даже слабое свечение ЛЛ, следует поменять местами выводы одной из обмоток I или II трансформатора Т1. Затем подбирают резистор R6, добиваясь требуемой яркости и учитывая, что вместе с ней растет ток, потребляемый от аккумуляторной батареи. Обычно достаточной яркости удается достичь при токе 600...650 мА. Если яркость необходимо регулировать плавно, резистор R6 можно заменить двумя, соединенными последовательно. — постоянным 680 Ом и переменным 3,3 кОм. При регулировке потребляемый ток будет изменяться приблизительно от 0,2 до 1,4 А.

Чтобы настроить индикатор разрядки батареи, последнюю временно заменяют регулируемым источником постоянного напряжения с макси-

мальным его значением не менее 12 В. Если источник маломощный, следует предварительно выключить блокинг-генератор, отпаяв от контактной площадки один из выводов обмотки I трансформатора Т1. Вращая движок подстроечного резистора R2, добиваются, чтобы светодиод HL1 загорелся при уменьшении напряжения источника с 12 до 10,8...11 В. Порог срабатывания индикатора выбирают несколько большим минимального напряжения, до которого можно разряжать аккумуляторную батарею (10,5 В) с тем, чтобы после зажигания светодиода светильник не требовалось выключать немедленно.

На рис. 2.74 и 2.75 показаны еще два варианта электронного балласта, реализованные по схеме одностактного автогенераторного преобразователя.

Как нам уже известно, ЛЛ имеет различающиеся напряжение зажигания и напряжение горения. Первое — с холодными нитями накала — составляет примерно 1000...1200 В. Будем считать его равным 1200 В (по максимуму), общим для всех ламп. При зажигании разряда в лампе напряжение на ней падает (до 55...60 В на ЛЛ мощностью до 20 Вт и 100...125 В на ЛЛ мощностью 30...40 Вт; это — напряжение горения). Ток при этом может возрасти практически до разрушения лампы. Поэтому его нужно ограничить. В преобразователях, схемы которых показаны на рис. 2.74 и 2.75, довольно удачно используется выходное напряжение на фронте выходного импульса, когда напряжение возрастает до  $U_3$  — ЛЛ зажигается, далее напряжение падает до  $U_T$  — лампа горит, пока передается ей накопленная в трансформаторе энергия (рис. 2.76).

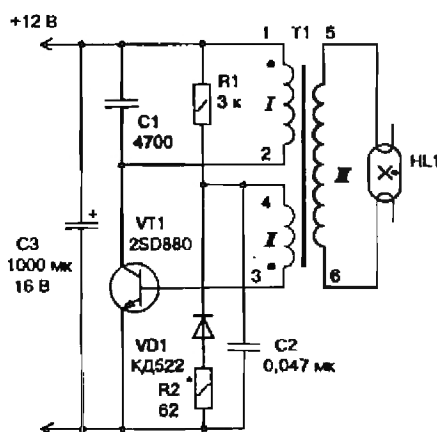


Рис. 2.74. Схема одностактного преобразователя на 2SD880

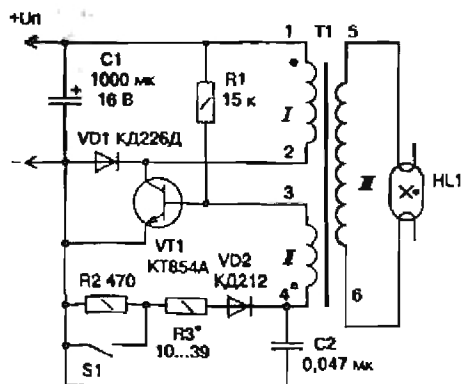


Рис. 2.75. Схема одностактного преобразователя на KT854A

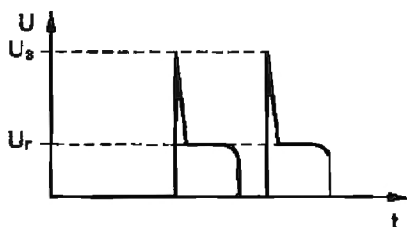


Рис. 2.76. Форма выходного напряжения

Обмотка трансформатора рассчитывается на рабочее ( $U_{\Gamma}$ ) напряжение. Подбирая трансформатор, учитываем, что для напряжения зажигания ( $U_{\text{З}}$ ) следует задавать значение напряжения на виток обмотки не более 10...15 В/вит. (при 20...24 В/вит. наблюдается неустойчивый поджиг).

### Расчет трансформатора

*Дано:* аккумулятор напряжением  $U = 12,6$  В. *Требуется:* зажечь ЛЛ мощностью  $P_{\text{Л}} = 20$  Вт. Для нее  $U_{\text{З}} = 1200$  В,  $U_{\Gamma} = 55$  В. Количество витков обмотки III (рис. 2.74) —  $n_3$ :

$$n_3 = U_{\text{З}} / (10 \dots 15) = 1200 / (10 \dots 15) = 120 \dots 80 \text{ витков.}$$

Возьмем 110 витков.

Тогда для  $U_{\Gamma}$  будет

$$110 / 55 = 2 \text{ (вит./В).}$$

Напряжение в первичной (коллекторной) обмотке

$$U - U_{\text{ВТ НАС}} = 12,6 - 1,6 = 11 \text{ (В);}$$

$$n_1 = 11 \times 2 = 22 \text{ (витка).}$$

Количество витков в обмотке II (базовой)

$$n_2 = (0,33 \dots 0,25) \times n_1 = (0,33 \dots 0,25) \times 22 = 7,33 \dots 5,5 \text{ (витка).}$$

Можно взять 5...7 витков. Диаметр  $d$  провода рассчитывается как обычно:

$$d = 0,7 \cdot \sqrt{I}$$

(это, конечно, весьма грубо — ток импульсный, но для оценки подходит).

Рабочий ток ЛЛ

$$I_{\text{НЛ}} = P_{\text{Л}} / U_{\Gamma} = 20 / 55 = 0,36 \text{ (А),}$$

поэтому диаметр провода обмотки III

$$d_3 = 0,7 \cdot \sqrt{I_3} = 0,7 \cdot \sqrt{0,36} = 0,42 \text{ (мм).}$$



Берем провод ближайшего стандартного диаметра.  
Коэффициент трансформации для обмотки I:

$$K_1 = n_1 / n_3 = 110 / 22 = 5.$$

Ток в обмотке I

$$I_1 = K_1 \times I_{HL} = 5 \times 0,36 = 1,8 \text{ (А)}.$$

Диаметр провода обмотки I

$$d_1 = 0,7 \cdot \sqrt{I_1} = 0,7 \cdot \sqrt{1,8} = 0,94 \text{ (мм)}.$$

Берем провод диаметром 1 мм.

Диаметр провода обмотки II  $d_2$  можно взять равным 0,42 мм.

Ферритовый сердечник для ламп мощностью до 30 Вт можно применить от ТДКС-19 ( $S = 1,1 \text{ см}^2$ ), или использовать кольцо К40×25×11 ( $S = 0,825 \text{ см}^2$ ). Кольцо осторожно разламывается; на одной его половине наматывают обмотки I и II, одну над другой, с изоляцией между ними, например, изоляцией. Разносить обмотки нельзя! На другой половине кольца мотается обмотка III, виток к витку, без перехлестов, с изоляцией между слоями (можно изоляцией). Кольцо склеивается эпоксидной смолой. В качестве материала для магнитных зазоров используется тетрадный лист. Если ЛЛ меньшей мощности, то и феррит можно взять с меньшим сечением.

Для ЛЛ на 30 и 40 Вт можно применить ферритовый сердечник от ТДКС-9-1 ( $S = 2,07 \text{ см}^2$ ).

Транзистор автогенератора выбирается из следующих условий:

$$I_{K \max} = 5 \dots 10 \text{ А};$$

$$U_{KЭ \max} \geq 260 \text{ В}.$$

Лучше все-таки взять  $U_{KЭ \max}$  более 300 В. Хорошо, если еще подобрать транзистор и по минимальному  $U_{1НАС}$ . В схему можно поставить КТ854А или КП955А. Если такого нет, то, увеличивая число витков обмотки III, можно понизить  $U_{KЭ}$  до допустимого для имеющегося транзистора.

По мощности потерь

$$P_{\text{ПОТ}} = U_{\text{НАС}} I_1 \text{ Вт}.$$

рассчитывается радиатор для транзистора.

В схеме (рис. 2.74)  $R_2$  задает  $P_{\text{вых}}$ . Если добавить резистор и выключатель  $S_1$  (как на рис. 2.75), получится два режима —  $P_{\text{MAX}}$  и  $P_{\text{MIN}}$ .

Между коллектором и эмиттером  $VT_1$  обязательно нужно поставить ВЧ-диод (КД226Г, КД226Д), поскольку в отечественных транзисторах внутренние защитные диоды не предусмотрены.

Следующий однотактный преобразователь позволяет регулировать яркость лампы и устанавливать ее такой, чтобы энергия батареи расходовалась более экономно. На рис. 2.77 показана его схема.

Преобразователь состоит из задающего генератора и однотактного усилителя мощности. Генератор выполнен на элементах DD1.1—DD1.3. Такой генератор позволяет изменять скважность импульсов (т. е. отношение периода следования импульсов к их длительности) переменным резистором  $R_1$ , что определяет яркость ЛЛ. К генератору подключен буферный элемент DD1.4.

Сигнал с DD1.4 подается на усилитель мощности, выполненный на транзисторах  $VT_1$ ,  $VT_2$ . Нагрузка усилителя — ЛЛ (EL1), подключенная через повышающий трансформатор  $T_1$ . Допустимо подключать лампу как с замкнутыми выводами нитей накала (показано на схеме), так и с разомкнутыми. Иначе говоря, целостность нитей накала лампы не играет роли.

Питается преобразователь от источника постоянного тока напряжением 6...12 В, способного отдавать в нагрузку ток до нескольких ампер (в зависимости от мощности лампы и установленной яркости). Питание на микросхему поступает через параметрический стабилизатор, в котором работают балластный резистор  $R_4$  и стабилитрон  $VD_3$ . При минимальном питающем напряжении стабилизатор практически не действует, но это не сказывается на работе преобразователя.

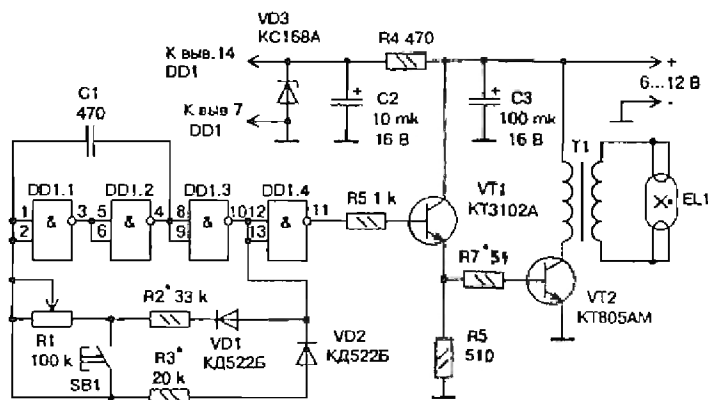


Рис. 2.77. Схема однотактного преобразователя с регулировкой яркости

Кроме указанных на схеме допустимо использовать транзисторы КТ3117А, КТ630Б, КТ603Б (VT1), КТ926А, КТ903Б (VT2), диоды серии КД503 (VD1, VD2), стабилитрон Д814А (VD3). Конденсатор С1 — КГ, КМ, К10-17, остальные — К50-16, К52-1, К53-1. Переменный резистор — любой конструкции (например, СП2, СП3), постоянные — ОМЛТ-0,125. Лампа — мощностью от 6 до 20 Вт.

Трансформатор намотан на броневом магнитопроводе из феррита 2000НМ1 наружным диаметром 30 мм. Обмотка I содержит 35 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,45 мм, обмотка II — 1000 витков ПЭВ-2 диаметром 0,16 мм. Обмотки разделены несколькими слоями лакоткани. Для повышения надежности обмотку II необходимо разделить на несколько слоев, прокладывая между ними лакоткань. Чашки магнитопровода собирают с зазором 0,2 мм и стягивают винтом и гайкой из немагнитного материала. С несколько худшими результатами (соотношением «яркость — потребляемый ток») будет работать трансформатор, выполненный на магнитопроводе от строчного трансформатора телевизора.

Налаживание преобразователя начинают с проверки задающего генератора при отключенном выходном каскаде усилителя. К выводу 11 микросхемы подключают осциллограф и наблюдают импульсы, показанные на верхней диаграмме рис. 2.78.

Затем устанавливают движок переменного резистора в левое по схеме положение (сопротивление введено). Измеряют длительность импульсов и период их следования. Подбором резистора R3 добиваются длительности импульсов примерно 20 мкс, а подбором резистора R2 — периода следования, равного приблизительно 50 мкс. Перемещая после этого

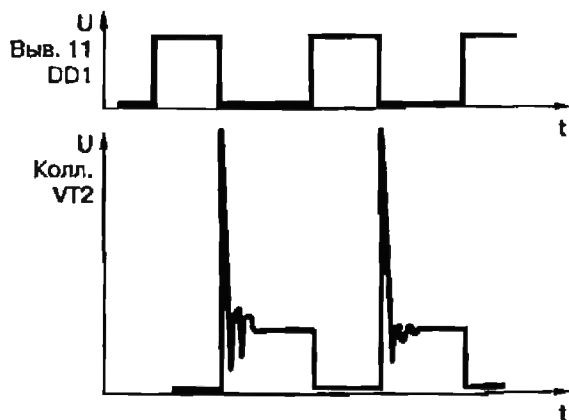


Рис. 2.78. Форма напряжения в контрольных точках

движок из одного крайнего положения в другое, убеждаются в изменении периода следования импульсов при неизменной их длительности.

Далее подключают выходной каскад, осциллограф соединяют с коллектором его транзистора, а в цепь питания включают амперметр со шкалой на 2...3 А. Перемещением движка добиваются «пробоя» (резкого увеличения яркости) лампы и контролируют диапазон изменения яркости и потребляемого тока при различных положениях движка резистора. Наблюдают форму импульсов на коллекторе транзистора VT2 — на рис. 2.78 внизу. Такая форма получилась при работе преобразователя с лампой ЛБ 18. Возможно, придется точнее подобрать резисторы R2, R7, а в некоторых случаях установить переменный резистор другого номинала, чтобы достигнуть необходимых пределов изменения яркости и приемлемого потребляемого тока.

В режиме минимальной яркости, которой соответствует в зависимости от питающего напряжения и мощности лампы ток 250...400 мА, запуск генератора, а значит, включение лампы, удобнее осуществлять нажатием на кнопку SB1. Иногда нелишне попробовать изменить полярность включения лампы и проверить надежность ее зажигания в этом режиме.

Оценить эффективность работы преобразователя с разными транзисторами, трансформаторами, изменениями режимов и т. д. можно так. На расстоянии примерно 0,5 м от лампы укрепляют фотодиод или фоторезистор и подключают к нему омметр. Измеряют его сопротивление при горячей лампе и фиксированном токе потребления преобразователя. Далее проводят замену детали, резистором R1 устанавливают прежний ток и измеряют сопротивление фотоэлемента. Если оно уменьшилось, значит, яркость лампы возросла; результат эксперимента можно считать наилучшим.

Задающий генератор можно реализовать и на широко распространенном таймере КР1006ВИ1 (LM555). На рис. 2.79 приведена такая схема.

Здесь времязадающие резисторы R2, R3 — переменные, в результате чего параметры импульсов и частоту можно менять в широких пределах (рис. 2.79, а), а вариант подключения, показанный на рис. 2.79, б, позволяет изменять ширину импульсов у генератора при неизменной частоте. Частота в этом случае определяется по формуле

$$f = \frac{0,722}{(R1 + 0,5 \cdot R2) \cdot C1}, \text{ кГц.}$$

Диапазон регулировки скважности зависит от соотношения резисторов R1, R2.

Вместо усилителя мощности, выполненного на транзисторах VT1, VT2, R7, R7 (см. рис. 2.77), можно применить в усилителе мощности полевой транзистор КП743, IRF510, BUZ21L, SPP21N10 и т. п. (R5 уменьшить до 100 Ом). Схема такого варианта представлена на рис. 2.80.

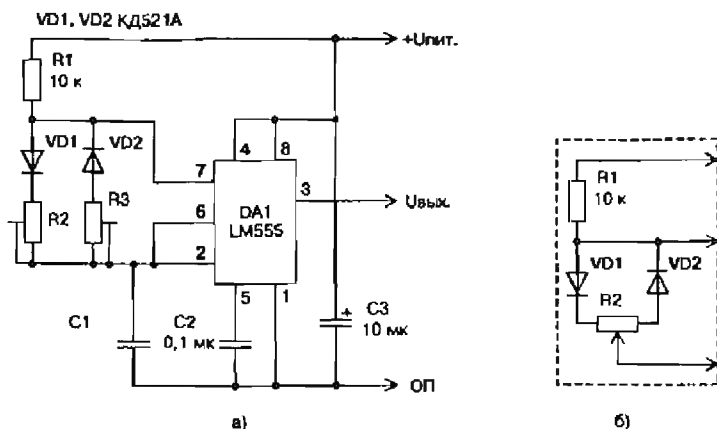


Рис. 2.79. Схема задающего генератора на таймере

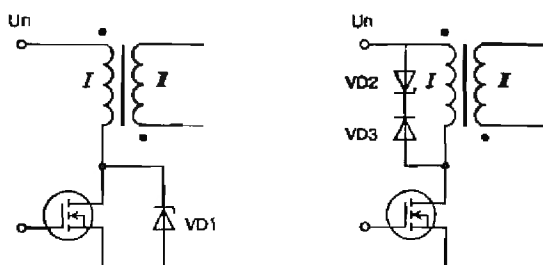


Рис. 2.80. Схема усилителя мощности на полевом транзисторе

Не лишним будет и защита с помощью специального защитного стабилизатора — сапрессора (TRANSIL, TVS, TRISIL) VD1, VD2. Диод VD3 — быстродействующий с малым временем восстановления.

## 2.4. Ballast Designer — автоматизированное проектирование электронных балластов

Разработка высокочастотных электронных балластов (высокочастотных электронных пускорегулирующих аппаратов — ЭПРА) для люминесцентных ламп — сложная инженерная задача со многими неизвестными, требующая определенных знаний и немалых затрат времени. Для

упрощения создания электронных балластов компания Amber Valley Software Solutions предлагает программу автоматизированного проектирования Ballast Designer, доступную бесплатно по адресу <http://www.irf.com/product-info/lighting/bda.zip> (8,3 Мб).

В качестве основы для проектирования Ballast Designer использует новейшие микросхемы контроллеров ПРА, разработанные и выпускаемые компанией International Rectifier, в том числе снабженные функцией управления яркостью (диммер) свечения лампы. Программа освобождает от рутинной работы по выбору элементов и длительного трудоемкого расчета элементов схемы и точных изделий, давая возможность восполнить недостаток опыта, что особенно ценно для любительских разработок. Полученный в результате комплект документов достаточен для изготовления рассчитанного ПРА.

После запуска программа Ballast Designer предлагает на выбор две процедуры проектирования — стандартную и расширенную. По умолчанию используется стандартная, представляющая возможность выбирать подходящие варианты из трех схем входного узла, 39 типов ламп, соединенных по семи различным схемам, и микросхем контроллера пяти типов (IR2156, IR21571, IR21592, IR2166, IR2167).

**Примечание.**

С выходом новых версий программы Ballast Designer ее возможности, в том числе список поддерживаемых микросхем, могут быть изменены. Приведенные здесь сведения относятся к версии 3.0.40, доступной в период подготовки книги.

Предоставляется возможность корректировать исходные данные, например, предельные отклонения напряжения в сети или параметры ламп. В процессе автоматического проектирования будут выбраны оптимальные значения амплитуды и частоты напряжения, прикладываемого к лампе в режимах подогрева, поджига и горения, обеспечивающие максимальный срок службы лампы, качество освещения и КПД устройства.

Расширенная процедура проектирования дает пользователю возможность изменять более 20 параметров, включая частоту, напряжение и ток лампы в различных режимах, и номиналы основных компонентов схемы. Предусмотрен даже калькулятор параметров дросселей.

Для правильной работы программы необходимо, чтобы в установках Windows 98 (Мой компьютер → Панель управления → Язык и стандарты → Числа) в качестве десятичного разделителя была указана точка, а не привычная русскоязычному пользователю запятая. В противном случае программа Ballast Designer выводит на экран сообщение об ошибке и прекращает работу.

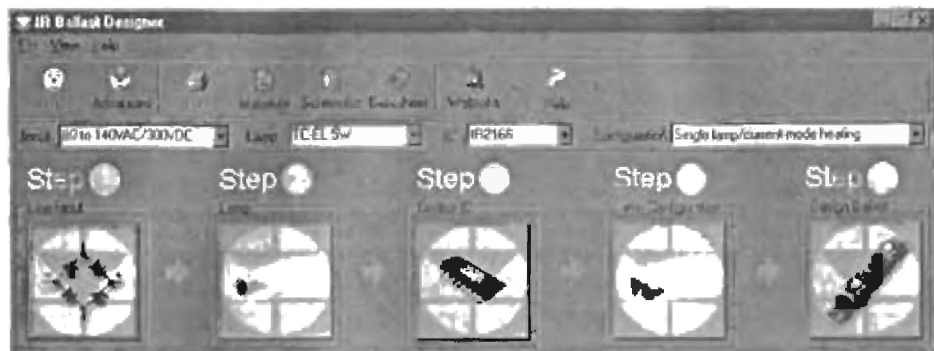


Рис. 2.81. Начальное окно программы Ballast Designer

При успешном запуске программы на экране появится окно, показанное на рис. 2.81.

Стандартная процедура проектирования состоит из пяти последовательных шагов:

- выбора схемы питания и напряжения, использования или нет активного корректора мощности;
- выбора типа лампы;
- выбора микросхемы;
- выбора количества, схемы соединения и питания ламп;
- проектирования балласта, синтеза принципиальной схемы, расчета элементов.

Чтобы выполнить стандартную процедуру проектирования, достаточно поочередно нажать пять кнопок, расположенных под надписями Step 1 — Step 5 (шаг 1 — шаг 5), и на каждом шаге сделать выбор из предлагаемых программой вариантов.

### Шаг 1 — выбор схемы выпрямителя сетевого напряжения

После нажатия на кнопку [Line Input], расположенную под надписью «Step 1» (рис. 2.82), появляется окно выбора конфигурации входных цепей Select Line Input (рис. 2.83).

Перемещая движок в нижней части окна, выбирают один из доступных вариантов выпрямительного узла (рис. 2.84).

Доступны следующие варианты.



Рис. 2.82. Кнопка [Line Input]

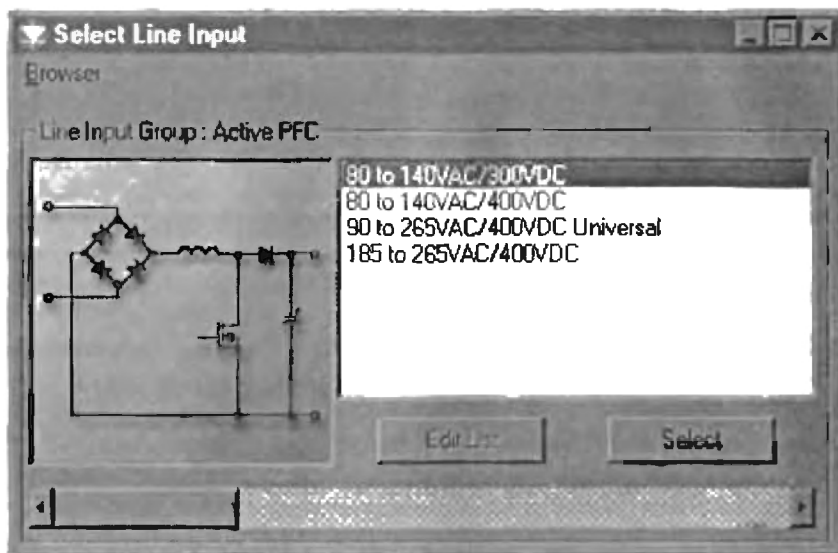


Рис. 2.83. Окно Select Line Input

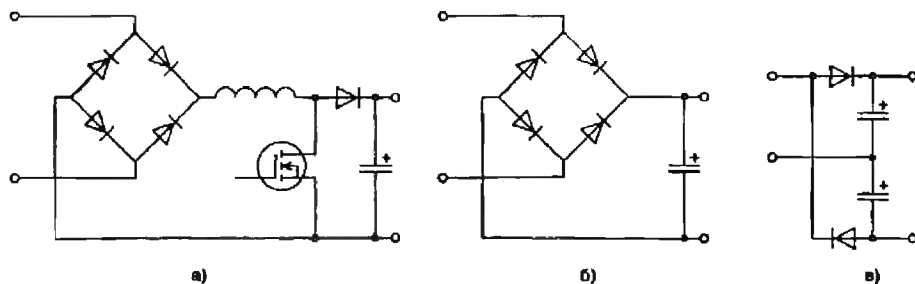


Рис. 2.84. Варианты выпрямительного узла

- Active PFC (Power Factor Correction — с активным корректором мощности, рис. 2.84, а).
- Full Bridge Rectifier (мостовая схема выпрямления переменного напряжения сети без активного корректора мощности, рис. 2.84, б). Применима при сетевом напряжении от 185 до 265 В.
- Voltage Doubler (по схеме удвоителя напряжения, рис. 2.84, в). Применима при сетевом напряжении от 90 до 140 В.
- User Designs (параметры определяет пользователь).

Для первого варианта входной цепи с активным корректором мощности доступны несколько диапазонов изменения входного сетевого напряжения и, соответственно, выходного напряжения:



- 80 to 140VAC / 300VDC;
- 80 to 140VAC / 400VDC;
- 90 to 265VAC / 400VDC Universal;
- 185 to 265VAC / 400VDC,

что обозначает переменное напряжение сети / постоянное на выходе корректора.

Перечисленные схемы поочередно появляются в окне, в соседнем окошке рядом со схемой — список нескольких вариантов допустимых пределов изменения сетевого напряжения. В нем необходимо выделить строку с самым подходящим вариантом. Для завершения шага остается нажать кнопку [Select]. Выбранные пределы будут отображены в окошке «Input» над надписью «Step 1». Их можно изменить на любой стадии проектирования, нажав кнопку со стрелкой рядом с упомянутым окошком. Аналогичные возможности (кнопки в окошках «Lamp», «IC», «Configuration») предоставляются для изменения параметров, задаваемых на других шагах стандартной процедуры проектирования.

Схемы мостового выпрямителя (рис. 2.84, б) и выпрямителя с удвоением напряжения (рис. 2.84, в) хорошо знакомы читателям. О схеме, показанной на рис. 2.84, а, — с активным корректором коэффициента мощности (англ. Power Factor Corrector, PFC) — необходимо рассказать подробнее.

Получившие большое распространение импульсные источники электропитания, к которым относятся и электронные балласты, — не слишком удачная нагрузка для электросети. Они потребляют не синусоидальный, а импульсный ток, пиковое значение которого многократно превосходит эффективное. Высокочастотные составляющие спектра импульсов тока создают мощные помехи. Недавно принятые рекомендации Международного Электротехнического Комитета МЭК 1000-3-2 устанавливают очень маленькие предельные уровни гармоник (вплоть до 39-й) в потребляемом токе при коэффициенте мощности, близком к 1. Действующие в странах СНГ стандарты пока таких жестких требований не предъявляют. Однако невыполнение рекомендаций МЭК влечет за собой неконкурентоспособность изделия, а в ряде случаев вообще закрывает ему доступ на мировой рынок.

Активный корректор коэффициента мощности решает проблему, делая ток, потребляемый мостовым выпрямителем, близким по форме к синусоидальному. Корректор представляет собой импульсный повышающий преобразователь-стабилизатор напряжения. Благодаря его работе мощный импульс зарядного тока фильтрующего конденсатора (рис. 2.85, а) дробится на множество коротких импульсов, распределенных по периоду таким образом, что их среднее значение изменяется почти по синусоидальному закону. Образующиеся высокочастотные составляющие

потребляемого тока сглаживает не показанный на упрощенной схеме входной фильтр.

При питании от сети 220 В выходное напряжение корректора обычно составляет 400 В. Оно стабилизировано, поэтому яркость свечения лампы остается постоянной при изменении напряжения сети в широких пределах. Контроллеры IR2166, IR2167 снабжены встроенным узлом управления корректором. При использовании других контроллеров программа Ballast Designer строит этот узел на базе микросхемы L6561 — специализированного контроллера PFC (смотри <http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/5109.pdf>).

Дополнительную информацию о PFC можно посмотреть в [12].

## Шаг 2 — выбор типа и мощности лампы

Нажимаем кнопку [Lamp] (рис. 2.85): открывается окно выбора типа и мощности лампы «Select Lamp» (рис. 2.86).

В нем, перетягивая ползунок, находящийся внизу этого окна, можно выбрать одну из восьми доступных групп ламп (рис. 2.87).

Доступны компактные люминесцентные лампы серий TC-EL, TC-DEL, TC-T, Spiral, PL-L, линейные люминесцентные лампы с диаметром колбы 16 мм (T5), 26 мм (T8), 38 мм (T12). Последний из доступных вариантов выбора типа ламп — User Lamp: параметры определяет и задает пользователь.

Программа предусматривает возможность расширения перечня ламп и внесения в него информации о дополнительной группе ламп по выбору разработчика. Для этого необходимо перейти на конец перечня в левой части панели — User Lamp, для чего необходимо сдвинуть ползунок вправо до конца, и активировать кнопку [Edit List]. После этого на экране возникнет рабочая панель редактирования перечня ламп.

Каждый из типономиналов ламп специфицирован по следующим параметрам: мощность (Вт), напряжение запуска (В), максимальное напряжение подогрева (В), минимальное напряжение поджига (В), ток подогрева (А) и время подогрева (с).

Соответствие обозначений компактных люминесцентных ламп различных производителей (OSRAM, GE Lighting, PHILIPS) и обозначений, примененных в Ballast Designer, приведены в табл. 2.14.

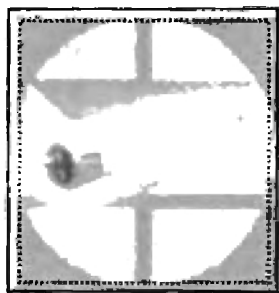


Рис. 2.85. Кнопка [Lamp]

Продолжение табл. 2.15

Лампа OSRAM DULUX®	Напряжение лампы, В		Ток лампы, мА		Яркость, кд/см <sup>2</sup>	Световой поток, лм
	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	при 50 Гц	при ВЧ ПРА		
DULUX L 24W	87	75	345	300	2,1	1200
DULUX L 36W	106	90	435	360	2,8	1900
DULUX L 40W	—	126	—	320	2,3	2200
DULUX L 55W	—	101	—	550	3,2	3000
DULUX F						
DULUX F 18W	58	50	375	320	2,4	1100
DULUX F 24W	87	75	345	300	2,5	1700
DULUX F 36W	106	90	435	360	3,0	2600

Технические характеристики линейных люминесцентных ламп OSRAM с диаметром колбы 16 мм (T5); 26 мм (T8); 38 мм (T12) приведены в табл. 2.16.

Технические характеристики линейных ЛЛ OSRAM

Таблица 2.16

Люминесцентная лампа OSRAM, Вт /... тип	Диаметр, мм	Номинальный ток лампы, А	Напряжение на лампе после зажигания, В, ( $\pm 10\%$ )	Ток накала МЭКВ1, мА	Яркость, для ламп с цветностью, кд/см <sup>2</sup>	
					840, 830, 820	стандартные
4	16	0,17	29	220	—	0,85
6	16	0,16	42	220	—	0,95
8	16	0,145	56	220	—	0,95
10	16	0,17	64	220	—	0,50
13	26	0,165	95	220	—	0,95
15	28	0,33	55	440	1,0	0,75
16	26	0,20	90	260	0,8	0,60
18	26	0,37	57	550	1,0	0,75
18/...U	26	0,37	60	550	—	—
20	38	0,37	57	550	—	0,55
22 C	29	0,37	62	600	—	0,70
30	26	0,365	96	550	1,2	0,90
32 C	30	0,425	81	675	0,9	0,75
36	26	0,43	103	650	1,2	0,86
36/... U	26	0,43	108	650	—	—
36/... UK	26	0,44	103	650	—	—
36-1	26	0,556	81	730	1,3	—

Продолжение табл. 2.16

Люминесцентная лампа OSRAM, Вт /... тип	Диаметр, мм	Номинальный ток лампы, А	Напряжение на лампе после зажигания, В, ( $\pm 10\%$ )	Ток накала МЭКВ1, МА	Яркость, для ламп с цветностью, кд/см <sup>2</sup>	
					840, 830, 820	стандартные
38	26	0,43	104	650	–	–
40	38	0,43	103	650	–	0,60
40 С	30	0,415	108	630	–	–
40/... К	38	0,88	52	–	–	–
58	26	0,67	110	1000	1,5	1,11
58/... U	26	0,67	115	1000	–	–
58/... UK	26	0,865	85	1300	–	–
65	38	0,67	110	1000	–	0,80

Люминесцентные лампы нового поколения с диаметром колбы 16 мм (тип T5), мощностью 14...80 Вт, с трехполосным люминофором ( $R_a = 80...89$ ), с повышенными светоточдачей и световым потоком у OSRAM, PHILIPS, GE вынесены в отдельную группу.

### Шаг 3 — выбор микросхемы драйверов-контроллеров электронных балластов

Нажимаем кнопку [Control IC] (рис. 2.88), появляется окно Select Target IC (рис. 2.89).

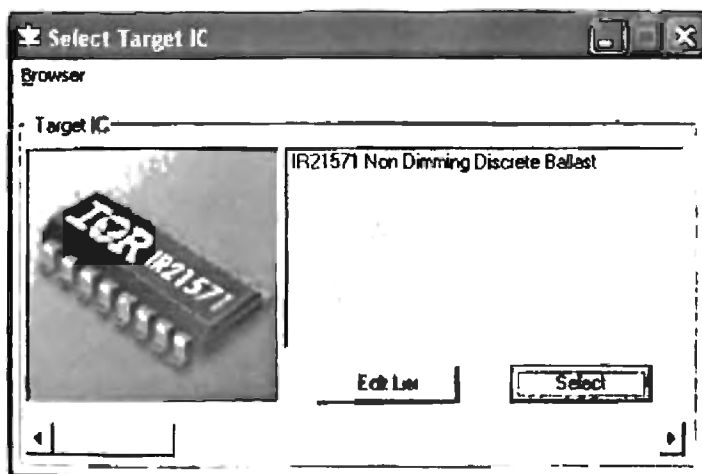


Рис. 2.88. Кнопка [Control IC]

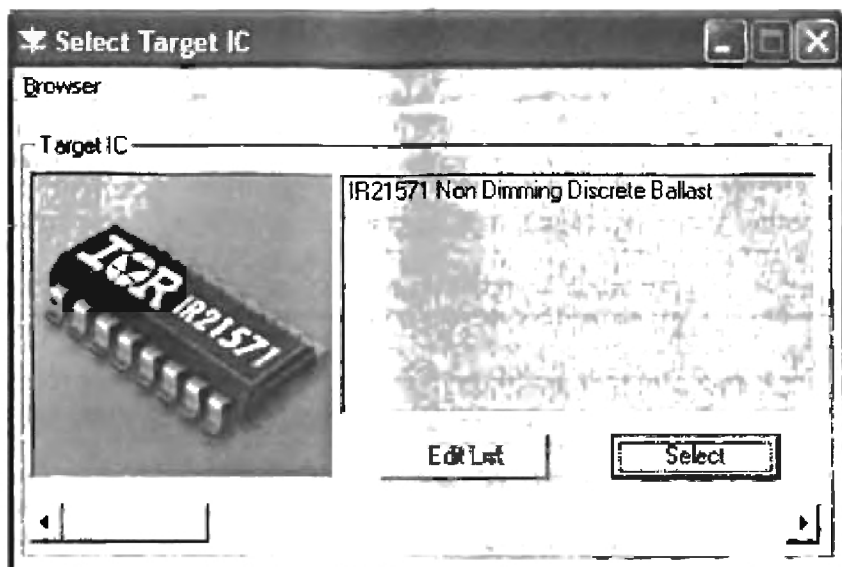


Рис. 2.89. Окно Select Target IC

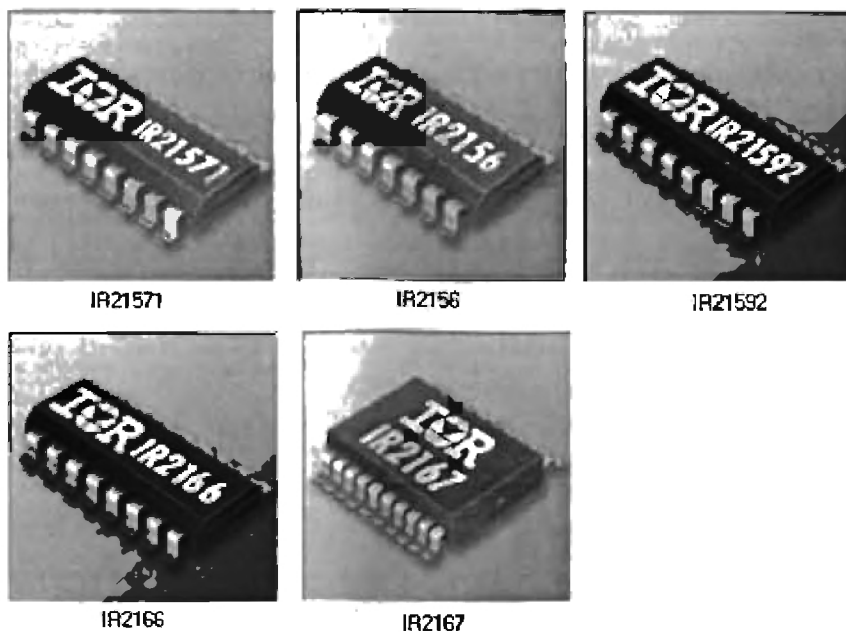


Рис. 2.90. Доступные для выбора микросхемы

В этом окне, перетягивая ползунок, находящийся внизу этого окна, можно выбрать доступные микросхемы (рис. 2.90).

После выбора микросхемы контроллера и возвращения в главное окно программы можно посмотреть описание и справочные данные выбранной микросхемы на английском языке. Для этого необходимо нажать на кнопку [Datasheet] в верхней части главного окна программы (рис. 2.81). Для их просмотра на компьютере должна быть установлена программа Adobe Acrobat Reader.

В версии программы, действовавшей во время подготовки книги, предлагались следующие микросхемы: IR21571, IR2156, IR21592, IR2166, IR2167.

Контроллер электронных балластов IR21571 предоставляет возможность наиболее простого схемотехнического решения и простую адаптацию при смене типа лампы.

IR21571 имеет следующие функции:

- оптимальные параметры режимов запуска, предварительного подогрева катодов, зажигания, рабочего режима и автоматический переход из режима в режим;
- программируемое время и частоту подогрева катода;
- программируемое изменение параметров в режиме поджига;
- программируемую паузу для защиты от сквозных токов в ключах;
- ток в затворах ключей до 500 мА;
- микромощное потребление в режиме запуска;
- высокоточную стабилизацию 50 % скажности;
- контроль состояния и защиту нити электродов лампы;
- защиту от работы ниже резонанса;
- защиту от работы при пониженном питании с автоматическим перезапуском;
- защиту от выхода из строя и автоматический перезапуск при смене лампы;
- защиту от тепловой перегрузки;
- защиту от защелкивания для всех выводов;
- защиту от электростатического разряда.

Подробное описание работы микросхемы и справочную информацию (перевод фирменного datasheet) можно посмотреть в файле IR21571ru.pdf, доступном в Интернете по адресу <ftp://ftp.radio.ru/pub/2004/07/IR21571ru.pdf>.

IR2156 — «младшая сестра» IR21571, отличается от нее отсутствием некоторых защитных функций.

Интегральная микросхема контроллера IR21592 (диммер) является первой функционально законченной микросхемой для применения в балластах с регулировкой яркости. В этой микросхеме реализован новый метод управления мощностью на лампе без применения разделительного

трансформатора. Фазовое управление током полумоста позволяет осуществлять линейное изменение яркости лампы в широких пределах от 1 до 100%. Помимо режимов работы и функций защиты, реализованных в микросхеме IR21571, эта микросхема позволяет регулировать яркость путем изменения напряжения на входе DIM в диапазоне от 0,5 до 5 В и программировать минимальный и максимальный уровни яркости по входам MIN, MAX выбором номиналов резисторов  $R_{\text{MIN}}$ ,  $R_{\text{MAX}}$ . Применение контроллера IR21592 дает возможность адаптировать балласты с постоянным уровнем мощности к режиму высококачественного регулирования мощности при внесении в его схему минимальных изменений.

Подробное описание работы подобных микросхем IR2159, IR21591 и справочную информацию (перевод фирменного datasheet) можно посмотреть в файле IR2159ru.pdf (файл доступен по адресу <ftp://ftp.radio.ru/pub/2004/07/IR2159ru.pdf>).

IR2166, IR2167 снабжены, как уже отмечалось, встроенными контроллерами корректора коэффициента мощности с динамической адаптацией к режиму работы ПРА. Обеспечивается суммарный коэффициент гармоник менее 10% и коэффициент мощности более 0,99 при питании от сетей с номинальным напряжением 120 и 220 В, что перекрывает требования большинства европейских стран и превосходит показатели многих специализированных микросхем управления корректором.

#### Шаг 4 — выбор числа ламп и схемы их соединения с ПРА

Нажимаем кнопку [Lamp Configuration] (рис. 2.91), при этом появляется окно Select Lamp Configuration (рис. 2.92).

Производим требуемый выбор. Все доступные конфигурации соединения ламп показаны на рис. 2.93.



Рис. 2.91. Кнопка [Lamp Configuration]

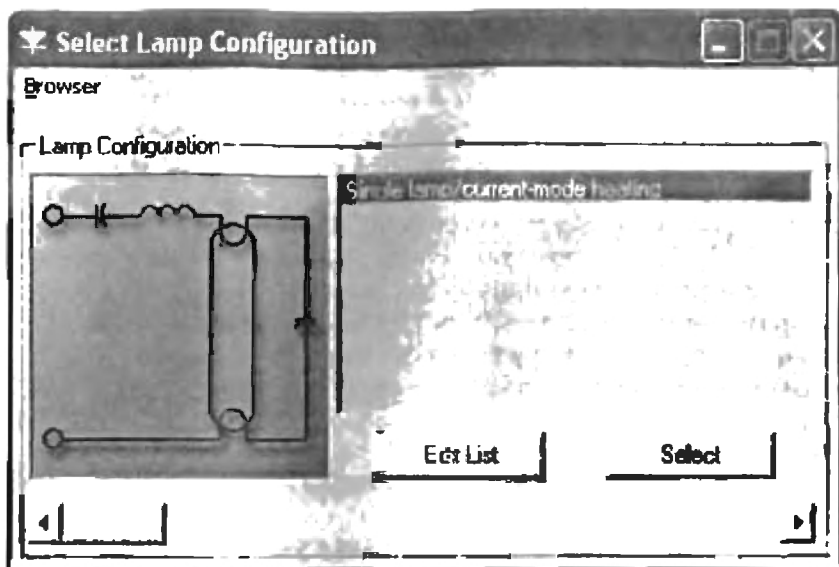


Рис. 2.92. Окно *Select Lamp Configuration*

### Заключительный, пятый шаг

На этом этапе программа производит автоматическое проектирование ПРА. После нажатия на кнопку [Design Ballast] (рис. 2.94) на экране появляется окно с логотипом фирмы International Rectifier (рис. 2.95), в котором отмечается ход процесса проектирования, занимающего всего несколько секунд.

По завершении процесса проектирования открываются окна, в одном из которых находится принципиальная схема спроектированного устройства. Пример такой схемы (исходные данные: одна лампа Т8 36W, контроллер IR21592, мостовой выпрямитель без PFC) приведен на рис. 2.96.

Типы и номиналы элементов на схеме не указаны, а в отдельном окне выведен их перечень (англ. Bill of Materials, BOM). Цепи, выделенные на рис. 2.96 утолщенными линиями, должны быть выполнены по возможности короткими проводами большого сечения.

Еще одно или несколько окон содержат данные о имеющихся в спроектированном ПРА индуктивных элементах. Пример такого окна — на рис. 2.97.



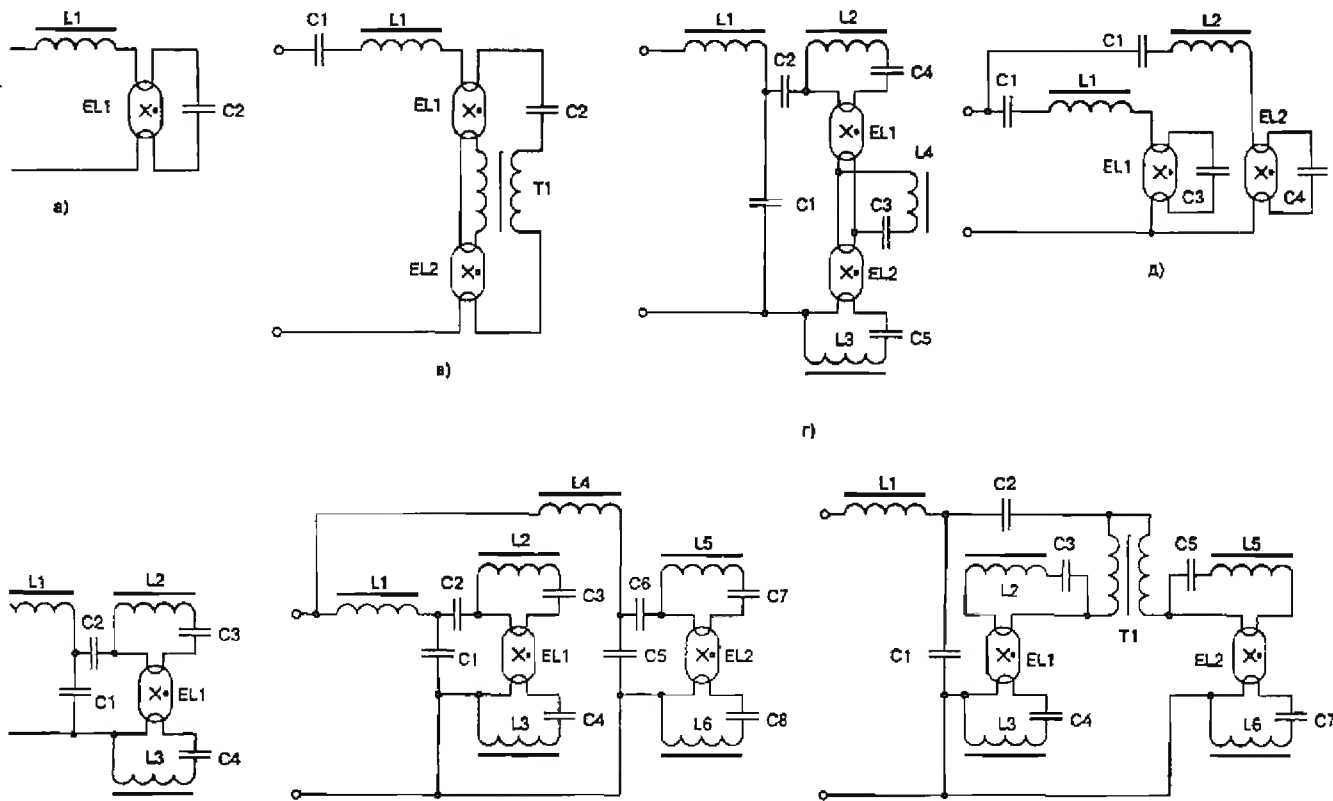


Рис. 2.93. Возможные конфигурации соединения ламп

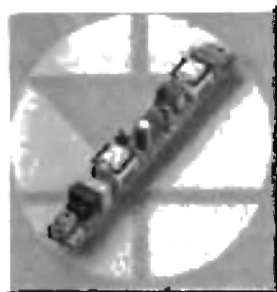
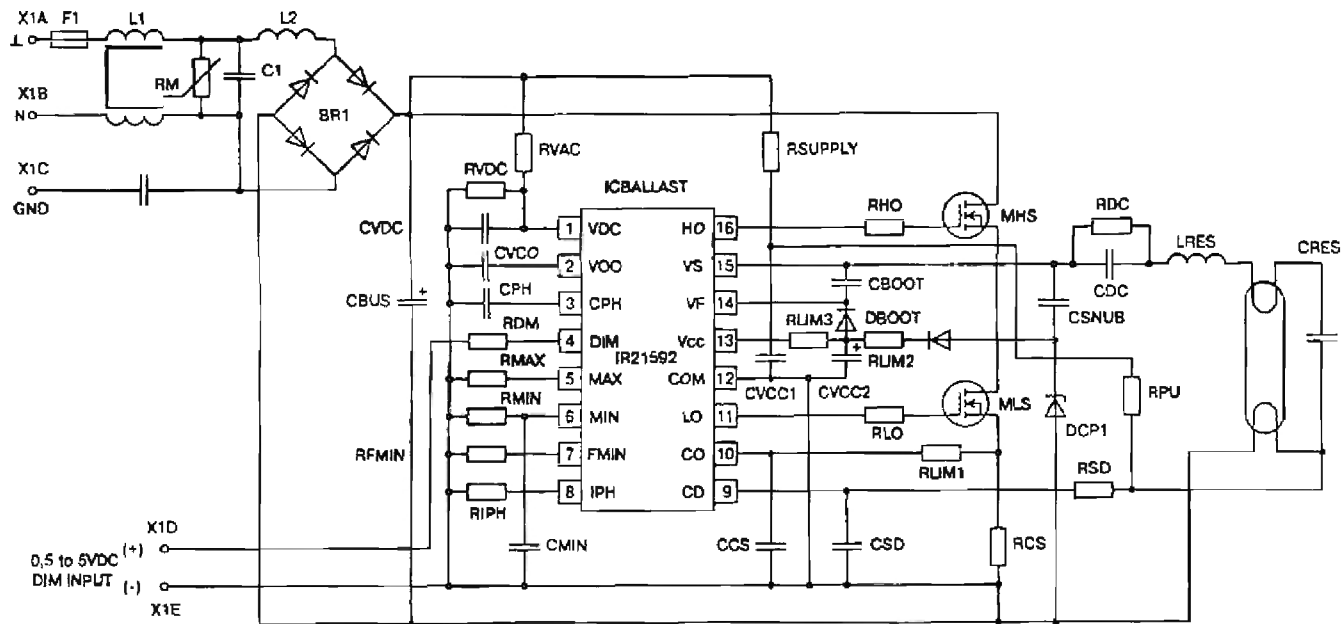


Рис. 2.94. Кнопка [Design Ballast]



Рис. 2.95. Временное окно проектирования



**Рис. 2.96.** Схема спроектированного балласта

Кроме номинальной индуктивности, максимальных тока и температуры здесь указаны все необходимые для изготовления дросселя или трансформатора данные:

- рекомендуемый типоразмер (core size);
- марка материала (core material) магнитопровода;
- толщина немагнитного зазора (gap length);
- число витков (turns);
- диаметр провода (wire diameter) обмотки.

Приводится даже эскиз конструкции и расположения выводов.

Для перехода к расширенной процедуре проектирования в главном окне программы (рис. 2.81) нужно нажать кнопку [Advanced] (рис. 2.98).

International  
TGR Rectifier

INDUCTOR SPECIFICATION  
TYPE : LRES (CURRENT MODE)

CORE SIZE  GAP LENGTH  mm

BOBBIN  PINS

CORE MATERIAL


NOMINAL INDUCTANCE  mH

MAXIMUM CURRENT  Apk

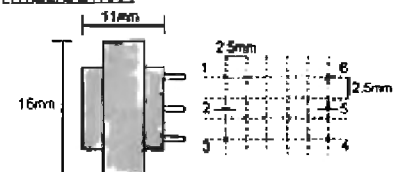
MAXIMUM CORE TEMPERATURE  °C

WINDING	START PIN	FINISH PIN	TURNS	WIRE DIAMETER (mm)
MAIN			238	0.2

**ELECTRICAL LAYOUT**



**PHYSICAL LAYOUT**



**TEST** (TEST FREQUENCY = 50kHz)

MAIN WINDING INDUCTANCE  mH  mH

MAIN WINDING RESISTANCE  Ohms

NOTE : Inductor must not saturate at maximum current and maximum core temperature at given test frequency.

Рис. 2.97. Окно с спецификацией индуктивного элемента



Рис. 2.98. Кнопка [Advanced]

В результате главное окно программы будет преобразовано в показанное на рис. 2.99.

Оно обеспечивает доступ к значениям всевозможных параметров, которые можно изменять в процессе проектирования. Например, если нажать кнопку [Calculate] (рис. 2.100), можно получить в графическом виде (рис. 2.101) положение рабочей точки лампы (в координатах «напряжение-частота») в различных режимах и траекторию ее перемещения при их изменении.

Предоставляется возможность открыть окна проектирования индуктивных элементов (кнопка [Inductor]) или выбора номиналов элементов, задающих режим работы микросхемы-контроллера ПРА (кнопка [Program IC]).

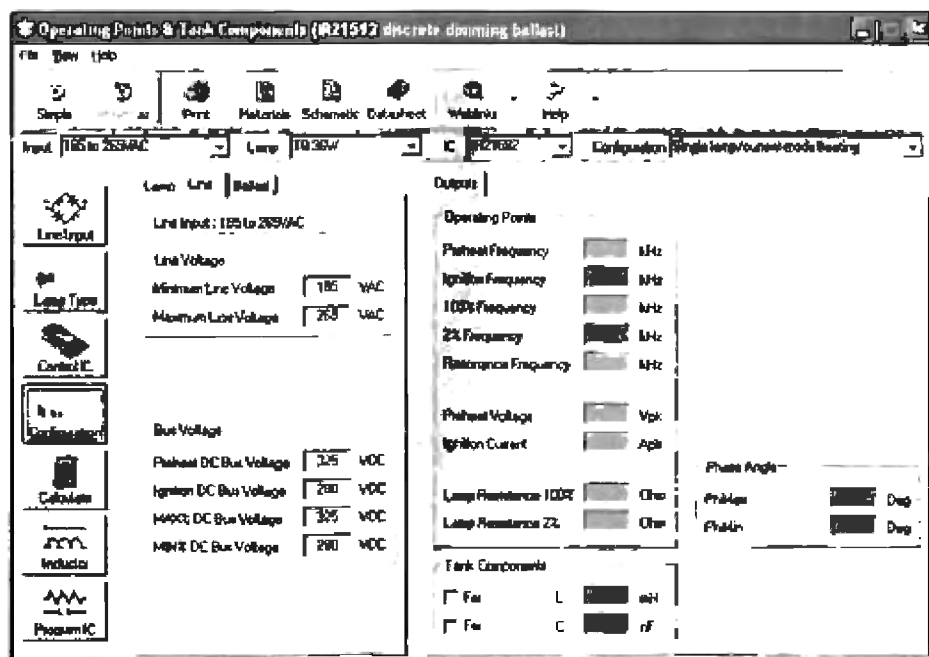


Рис. 2.99. Окно программы в расширенном режиме



Рис. 2.100. Кнопка [Calculate]

Single lamp/current-mode heating, 185 to 265VAC, T8 36W  
IR21592, L = 210 mH, C = 10.00 nF

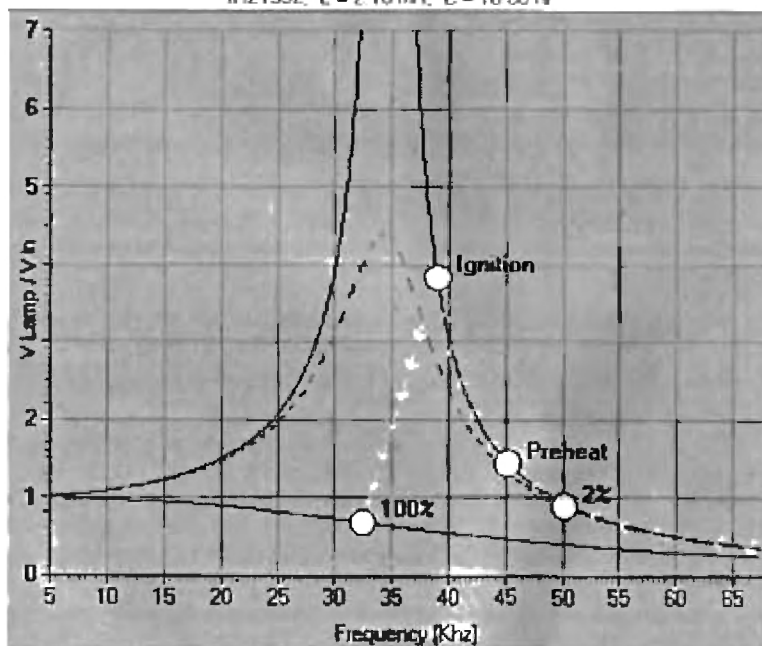


Рис. 2.101. График положения рабочей точки лампы

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

### Интернет-ресурсы

1. <http://www.eur.lighting.philips.com>
2. <http://www.lighting.philips.com>
3. <http://www.osram.com/>
4. <http://www.osram.ru>
5. <http://www.ge.com/en/product/home/lighting.htm>
6. <http://www.gelighting.com>
7. <http://www.ge.com/ru/lighting/index.htm/>
8. <http://www.irf.com>
9. <http://ec.irf.com/v6/en/US/adirect/ir?cmd=eDownloadBallast>
10. <http://www.qrx.narod.ru>
11. <http://www.rlocman.com/ru/>
12. <http://www.cqham.ru/>
13. <http://www.qrz.ru/>
14. <http://www.radio.ru/>

### Список рекомендуемой литературы

1. *Давиденко Ю.* Электронный балласт на IR2151 для люминесцентных осветительных ламп // Радиолюбби. — 2003. — № 3. — С. 58—61.
2. *Давиденко Ю.* Проектирование электронных пускорегулирующих аппаратов для люминесцентных ламп // Радио. — 2004. — № 7. — С. 41.
3. *Давиденко Ю.* Миниатюрный электронный балласт на IR51HD420 // Электрик. — 2004. — № 11. — С. 5.
4. *Зуев Л.* Экономичный преобразователь для питания люминесцентной лампы от аккумуляторной батареи // Радио. — 2001. — № 2. — С. 34, 35.
5. *Краснопольский А. Е. и др.* Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 206 с.
6. *Рохлин Г. Н.* Разрядные источники света / 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 720 с.
7. *Рохлин Г. Н.* Дуговым источникам света 200 лет — М.: ВИГМА, 2001.
8. Справочная книга по светотехнике. Под редакцией Ю. Б. Айзенберга. — М., 1995.
9. *Семенов Б.* Силовая электроника для любителей и профессионалов. — М.: Солон-Р, 2001.
10. Справочная книга радиолюбителя-конструктора — М.: Радио и связь, 1990.
11. *Широков В.* Компактные электронные люминесцентные лампы: выбираем, применяем, ремонтируем... // Радиолюбби. — 2001. — № 3. — С. 48.—2.
12. *А. Ремнев, В. Смердов.* Активная коррекция коэффициента мощности в импульсных источниках питания // Схемотехника. — 2003. — № 6. — С. 6.

Издательство «Наука и Техника»



ISBN: 5-94387-132-2  
Формат: 60x88/16  
Объем: 656 с.: ил.



ISBN: 5-94387-200-0  
Формат: 60x88/16  
Объем: 688 с.: ил.



ISBN: 5-94387-169-1  
Формат: 60x88/16  
Объем: 672 с.: ил.

## Зарубежные микросхемы, транзисторы, тиристоры, диоды + SMD

Издание 3-е, переработанное и дополненное

Вышло из печати ТРЕХТОМНОЕ (0...9, A...M, N...Z) российское издание справочника «Зарубежные микросхемы, транзисторы, тиристоры, диоды + SMD», созданное на базе популярного немецкого справочника **vrt 2005** фирмы **ECA**. Сводная таблица трехтомника содержит информацию о 105 000 элементах, отсортированных в алфавитном порядке.

В таблице приводятся краткие характеристики, внешний вид и аналоги радиоэлектронных компонентов. В справочно-графическом блоке справочников представлены структурные схемы ряда микросхем, схемы включения и другая полезная информация. Вводная часть справочника представлена на русском и английском языках.

Справочник предназначен в первую очередь для инженерно-технического персонала, занимающегося сервисным обслуживанием электронной техники и, надеемся, будет полезен радиолюбителям.