



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Физика»

**ПРАКТИКУМ ПО ИСТОЧНИКАМ
ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.
ПЛАЗМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА
ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО
ДАВЛЕНИЯ
ИС6, ИС7, ИС8, ИС9, ИС10, ИС11**

Авторы
Кудря А.П.,
Судьин П.В.,
Пруцакова Н.В.

Ростов-на-Дону, 2023

Аннотация

Практикум содержит краткую теорию, описание рабочих установок и методику экспериментального определения ключевых характеристик плазменных источников света высокого и сверхвысокого давления.

Лабораторный практикум предназначен для организации самостоятельной работы студентов направления «Электроника и наноэлектроника», профиля «Светотехника и источники света» при подготовке и проведении учебного лабораторного эксперимента.

Авторы

ведущий инженер кафедры «Физика»
Кудря А.П.

ассистент кафедры «Физика»
Судьин П.В.

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика»
Пруцакова Н.В.



Оглавление

Плазменные источники оптического излучения (ИОИ) высокого (ВД) и сверхвысокого (СВД) давления.....	4
Лабораторная работа №ИС6.....	10
Лабораторная работа №ИС7.....	17
Металлогалогенные лампы высокого давления (МГЛ)	23
Лабораторная работа №ИС8.....	25
Лабораторная работа №ИС9.....	30
Лабораторная работа №ИС10.....	35
Ксеноновые лампы высокого и сверхвысокого давления.....	43
Лабораторная работа №ИС11.....	46
Перечень использованных информационных ресурсов.....	49

Плазменные источники оптического излучения (ИОИ) высокого (ВД) и сверхвысокого (СВД) давления

Развитие ламп высокого и сверхвысокого давления в парах ртути шло по двум основным направлениям: 1 – создание ламп, обладающих высоким КПД излучения в различных участках спектра; 2 - создание ламп, обладающих высокими плотностями излучения.

Известно, что положительный столб тлеющего разряда занимает весь предоставленный ему объем. С увеличением давления положительный столб сжимается (контрагирует), образуя дуговой разряд. Температура плазмы непрерывного дугового разряда достигает тысяч градусов, а плазмы импульсного разряда – десятков тысяч. Если давление в колбе лампы составляет около $(0,3 - 8) \cdot 10^5$ Па, его называют высоким, а свыше 8 атм – сверхвысоким.

Исследования, проведенные русским ученым Б.Н. Клярфельд позволили установить зависимость баланса энергии в столбе разряда от давления при больших плотностях тока ($\approx 10^4$ А/м²). Согласно его теории, *тепловые потери в разряде делятся на тепловые потери в объеме газа P_V и тепловые потери на стенках трубки $P_{тр}$, а излучаемая мощность – на мощность излучения резонансных $\Phi_{рез}$ и нерезонансных $\Phi_{нр}$ линий.*

Закон сохранения, для единицы столба плазмы, имеет вид

$$k_{л} UI = \Phi_{рез} + \Phi_{нр} + P_V + P_{тр}, \quad (1)$$

где $k_{л}$ - коэффициент пропорциональности.

В относительных величинах, закон сохранения энергии (1) имеет вид:

$$\eta_{рез} + \eta_{нр} + \eta_V + \eta_{тр} = I. \quad (2)$$

Графическая интерпретация уравнения (2) приведена на рисунке 1: ось ординат (η) – доля энергии, приходящейся на каждый вид ее потребителя; $\eta_{тр}$ – тепловые потери на стенках трубки; η_V – тепловые потери в объеме газа; $\eta_{рез}$ – резонансное излучение; $\eta_{нр}$ – нерезонансное излучение.

Источники оптического излучения

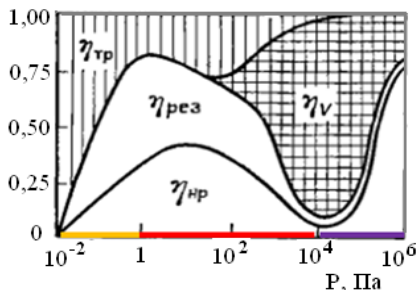


Рис. 1. Зависимость долей энергии, приходящихся на каждый вид ее потребителя, от давления

Из рис. 1 видно, что: 1) в области малых плотностей тока и низких давлений подводимая к столбу разряда мощность затрачивается на резонансное излучение $\Phi_{рез}$ и нагрев стенок колбы $P_{тр}$; 2) при давлениях от 1 до 10^4 Па уменьшается доля энергии, расходуемой на нагрев стенок колбы - $\eta_{тр}$, сильно увеличивается доля энергии, расходуемой на нагрев газа - $\eta_{вр}$, уменьшается доля резонансного - $\eta_{рез}$ и немного меньше нерезонансного - $\eta_{нр}$ излучений. Наибольший выход нерезонансных излучений имеет место при больших плотностях тока и ВД в контрагированном столбе; 3) при давлении выше 10^4 Па основная часть энергии расходуется на создание нерезонансного излучения, доля энергии, расходуемая на нагрев газа, резко уменьшается, а резонансным излучением можно пренебречь.

Полученным зависимостям есть объяснение.

1. Выделение энергии на стенки трубки при НД вызвано рекомбинацией электронов и ионов на стенках, передачей стенке кинетической энергии падающих электронов и ионов и передачей энергии метастабильных атомов. Ввиду относительно малого числа соударений потери энергии в объеме газа малы.

2. С ростом давления затрудняется диффузия заряженных частиц и метастабильных атомов к стенкам, что приводит к уменьшению потери энергии на стенках. Причиной нагрева газа в объеме являются упругие столкновения электронов с атомами газа. При больших давлениях газа и плотностях тока играет заметную роль процесс передачи энергии от атомов к электронам.

3. При высоких давлениях подводимая к газоразрядному промежутку мощность расходуется в прикатодной (работа выхода электронов) и прианодной (работа по преодолению анодного напряжения) областях $P_{а,к}$, а также рассеивается в столбе разряда излучением $P_{ст}$. Полный расход мощности в газоразрядной области

Источники оптического излучения

$$P = P_{a,k} + P_{cr}$$

Бесполезная потеря мощности на катоде и аноде будет тем меньше, чем меньше падение напряжения. Минимизировать падение напряжения можно при больших плотностях тока.

Анодно-катодное падение потенциала в ртутных дугах ВД и СВД зависит от условий разряда и лежит в пределах от 12 до 18 В.

Световая отдача ртутного разряда зависит от давления паров ртути. Когда температура стенки трубки достигает температуры кипения ртути (350 °С), она полностью испаряется и дальнейший рост давления ее паров пропорционально температуре стенки – $p = nkT$. Конечное давление паров ртути зависит от ее количества и величины тока, определяемого параметрами балласта. На рис. 2 приведена зависимость световой отдачи ртутного разряда от давления паров ртути. Точка С – переход разряда низкого давления в разряд высокого давления. Давление паров Hg в ртутных лампах ВД выше значений, соответствующих точке Д.

Характерным признаком разряда высокого давления является стягивание его к оси трубки (контрагирование). Градиент температуры в направлении от оси разряда к стенке колбы резко падает, объемная мощность излучения очень быстро уменьшается по мере удаления от оси разряда. По этой части разряда проходит основная часть тока.

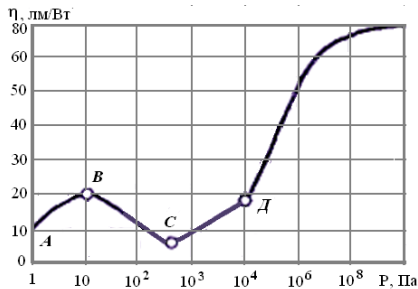


Рис. 2. Зависимость световой отдачи ртутного разряда от давления

Спектр излучения ламп ВД создается в результате перехода возбужденных атомов в нормальное состояние, рекомбинации электронов и ионов, а также соударения метастабильных атомов с их переходом в возбужденное состояние и последующим излучением фотонов. При больших температурах разряда

Источники оптического излучения

увеличивается вероятность появления возбужденных атомов с более высокими нормальными уровнями, что увеличивает мощность излучения.

С увеличением давления расширение линейчатого спектра связано с явлением самопоглощения и соударением возбужденных атомов с нейтральными. При очень высоких давлениях, благодаря вышеуказанным процессам, появляется непрерывный спектр излучения. С ростом давления наблюдается исчезновение некоторых линий спектра, связанных с поглощением определенных резонансных линий излучения. Это возможно при высоких давлениях, когда вблизи атома, излучающего на резонансной частоте, находится другой атом. В результате их взаимодействия излучаемый фотон будет обладать частотой, меньшей резонансной, т.е. спектр излучения будет сдвигаться в область более длинных волн.

Разряд в лампах низкого давления происходит при давлении паров ртути не более 10 Па. До 80% мощности разряда приходится на две УФ линии: 257 и 185 нм, а на долю пяти линий видимого части спектра лишь около 2%. При увеличении давления спектральные линии расплываются, превращаясь в полосы, излучение в УФ области ослабевает, а в видимой – увеличивается. При давлении паров около 10 кПа световая отдача достигает 20-25 лм/Вт. При этом видимое излучение сосредоточено в сине-зеленой части спектра, а желтый и красный свет практически отсутствует. Доля УФ излучения составляет около 40% подводимой к разряду мощности.

Кроме ртути, в лампы ВД и СВД вводятся *разнообразные добавки* для следующих целей.

1. Для облегчения зажигания ламп ВД и СВД вводится инертный газ, под давлением в несколько сотен Па. Кроме облегчения зажигания, он в период разгорания ослабляет ионную бомбардировку электродов, замедляет их разрушение и увеличивает срок службы.

2. В лампы ВД кроме инертных газов вводят другие добавки. Так, для улучшения цветопередачи ртутных ламп ВД в них добавляют кадмий или цинк. У этих элементов энергетические уровни расположены ниже, чем уровни ртути, так что даже при сравнительно низких давлениях паров этих элементов появляются излучения их линий.

3. Так как указанные элементы легче чем ртуть, то при их добавке теплопроводность смеси увеличивается. При малых добавках цинка и кадмия значение удельной теплопроводности $R_{\text{Тп}}$

увеличивается незначительно и мощность суммарного излучения остается практически без изменений.

По мере разгорания лампы и испарения ртути повышается давление ее паров и изменяются характеристики разряда: растут градиент потенциала, поток излучения, световая отдача и яркость. Нормально процесс завершается полным испарением ртути и стабилизацией характеристик разряда (рис. 3).

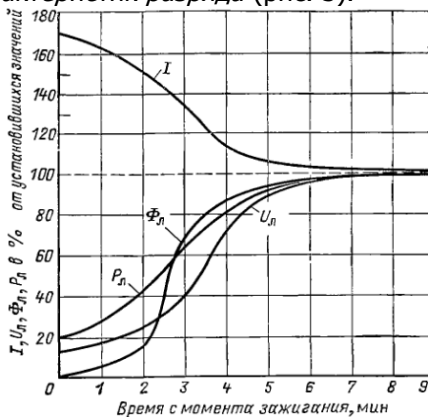


Рис. 3. Пусковые характеристики ртутного разряда ВД и СВД:
I-сила тока;

$U_{л}$ - напряжение на лампе; $P_{л}$ - потребляемая мощность; $\Phi_{л}$ - световой поток.

Основные характеристики разрядных ламп высокого и сверхвысокого давления

1. Электрические характеристики: напряжение U и ток I , протекающий через драйвер и лампу, коэффициент мощности $\cos\varphi$.

Коэффициент мощности можно выразить через активную P и полную мощности P_0

$$\cos \varphi = P/P_0 = P/\sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (3)$$

где Q – реактивная мощность.

2. Светотехнические характеристики: освещенность, световой поток, коэффициент пульсации светового потока, спектральный состав излучения, цветовая температура, индекс цветопередачи.

Световой поток люминесцентной лампы можно определить по освещенности с помощью фотометрического блока ФБ, внутренняя поверхность которого имеет матовую белую поверхность. В одну из стенок ФБ вставляется фотодатчик

люксметра для измерения освещенности исследуемой лампы. Алгоритм измерения светового потока исследуемой лампы: 1) по освещенности $E_{\text{э}}$ внутренней поверхности фотометрического блока с отражающей поверхностью S , определим световой поток эталонной лампы по формуле:

$$\Phi_{\text{э}} = E_{\text{э}} S; \quad (4)$$

2) в этом же фотометрическом блоке определим световой поток Φ по освещенности исследуемой лампы E :

$$\Phi = E \cdot S. \quad (5)$$

Сопоставляя уравнения (4) и (5), получим световой поток исследуемой лампы:

$$\Phi = \Phi_{\text{э}} E / E_{\text{э}}. \quad (6)$$

Коэффициент пульсаций освещенности характеризует колебания во времени светового потока, падающего на единицу поверхности. Коэффициент пульсаций освещенности определяется отношением амплитуды колебаний освещенности к их среднему значению и вычисляются по формуле:

$$K_n = \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}}{2 \cdot E_{\text{ср}}} 100\%, \quad (7)$$

где $E_{\text{макс}}$ и $E_{\text{мин}}$ – максимальное и минимальное значения освещенности за период её колебания, $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за тот же период (берется среднеарифметическое значение). Коэффициент пульсации измеряют *пульсометром*.

Цветовая температура – является характеристикой интенсивности излучения источника света как функции длины волны в оптическом диапазоне. Согласно формуле Планка *цветовая температура определяется как температура абсолютно чёрного тела, при которой оно испускает излучение того же цветового тона, что и рассматриваемое излучение*. Измеряют цветовую температуру с помощью спектроколориметра ТКА-ВД.

Индекс цветопередачи – безразмерная величина, характеризующая отклонение видимого цвета, генерируемого исследуемой лампой, от естественного. Численное значение находится в интервале от 0 до 100. В мире принята система оценки качества цветопередачи: $R_a \geq 90$ – отличное; $90 > R_a > 80$ – очень хорошее; $80 > R_a > 70$ – хорошее; $70 > R_a > 60$ – удовлетворительное; $60 > R_a > 40$ – приемлемое; $R_a < 40$ – плохое.

Спектральный состав. В лампах высокого давления мощное ультрафиолетовое (УФ) излучение ртути преобразуется в

видимое излучение с помощью люминофора. Наиболее часто применяемыми люминофорами являются ортофосфат кальция-цинка, активированный оловом ($R_a \approx 40$), и редкоземельные люминофоры – ванадат-фосфат иттрия, активированный европием, либо европием и тербием ($R_a \approx 45-69$). Их «красное отношение» $\Phi_k \approx 10\%$ (8):

$$\Phi_k = \frac{\int_{380}^{700} \varphi(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{380}^{760} \varphi(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где: $V(\lambda)$ - относительная чувствительность глаза;

$\varphi(\lambda)$ - спектральная плотность светового потока.

Красным отношением называют отношение красного светового потока, добавляемого люминофором, к общему световому потоку.

Таким образом, красное отношение зависит от химического состава люминофора.

3. **Эксплуатационные характеристики:** световая отдача, срок службы, геометрические размеры.

Световая отдача лампы (КПД) показывает, какой световой поток испускает лампа на единицу мощности, потребляемой из электрической сети ($\text{лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$). Световая отдача определяется выражением

$$\eta = \Phi / P. \quad (9)$$

Лабораторная работа № ИС6

Ртутная лампа высокого давления ДРЛ

Цель работы: определить основные электрические и световые характеристики ртутной лампы высокого давления ДРЛ.

Оборудование: универсальный лабораторный стенд.

Введение

Лампа типа ДРЛ (рис. 1а) представляет собой разрядную трубку РТ (ртутную горелку) в виде трубки из прозрачного кварцевого стекла 3, смонтированную в колбе 1 из тугоплавкого стекла. Внутренняя поверхность стеклянной колбы покрыта тонким слоем порошкообразного люминофора 2.

Источники оптического излучения

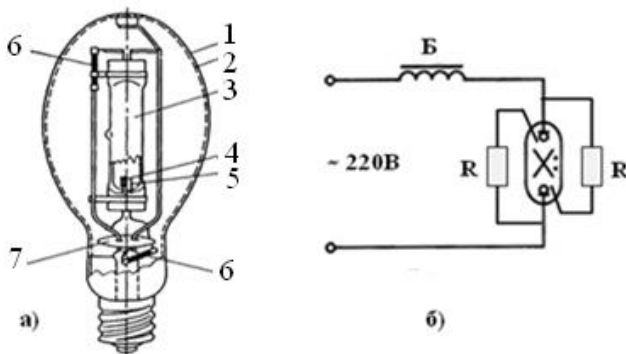


Рис. 1. Устройство ртутной лампы ДРЛ (а); электрическая схема поджига лампы ДРЛ (б).

В торцы трубки впаяны активированные вольфрамовые электроды 4 и вспомогательные электроды поджига 5. Разрядная трубка и подводящие к ней электроды закреплены на платформе 7 и стеклянной ножке. Внутри трубки после тщательного удаления воздуха вводится строго дозированное количество ртути и аргон при давлении 1,5...3,0 кПа. Аргон служит для облегчения зажигания разряда и защиты электродов от распыления в начальной стадии разгорания лампы, так как при комнатной температуре давление паров ртути очень низкое (около 1 Па). Электроды поджига соединены с противоположными основными электродами через ограничительные сопротивления 6 и служат для облегчения зажигания ламп (рис. 1б). Лампы ДРЛ включаются в сеть через дроссель. При подключении лампы ДРЛ в сеть ее основные и вспомогательные электроды оказываются под сетевым напряжением, что вызывает между ними тлеющий разряд в аргоне. Ток разряда, ограниченный балластом Б (дросселем) и резисторами R, нагревает газ, ртуть начинает испаряться. Кроме того, нагревается спираль катода до температуры, обеспечивающей эмиссию электронов с катода и возникновению дугового разряда.

После зажигания дугового разряда происходит нагревание разрядной трубки и испарение ртути. Давление паров ртути повышается, вместе с тем изменяются все характеристики разряда: растут напряжение на лампе, мощность, поток излучения и КПД. Этот процесс продолжается в течение 5...7 минут до тех пор, пока не испарится вся ртуть, после чего все характеристики стабилизируются.

Источники оптического излучения

Спектр излучения ртутного разряда высокого давления, выходящего из РТ, состоит из ряда спектральных линий, расположенных в УФ, видимой и ближней ИК частях спектра и непрерывного фона. Интенсивность линий и непрерывного фона зависят от условий разряда: давления паров ртути, силы тока, диаметра РТ. В УФ области спектра излучение сосредоточено в наиболее интенсивных линиях: 248, 254, 265, 280, 297, 302, 313 и 365 нм. В видимой области излучение сосредоточено в четырех наиболее интенсивных группах линий: фиолетовой - 404/408, синей - 436 нм, зеленой - 546 нм и желтой - 577/79. Очевидно, что цветопередача излучения ртутного разряда плохая из-за линейчатого спектра и отсутствия в нем оранжево - красных линий, то есть *красное отношение* (8) низкое. Для коррекции цвета излучения обычно преобразуют УФ излучение ртутного разряда в излучение в красной части спектра при помощи люминофоров. В качестве люминофоров используют главным образом *фосфат-ванадат иттрия, активированный европием*, дающий несколько узких полос излучения в красной части спектра с максимумом излучения около 619 нм. Оптимальный выход излучения наблюдается при температуре люминофора 250 - 300°C. Исходя из этого, выбирают форму и размеры внешней колбы (эллипсоид вращения). При использовании данного люминофора красное отношение может достигать 12 - 14 %. *Спектр видимого излучения* смещен в сторону ультрафиолетового излучения и поэтому эти лампы непригодны для освещения тех помещений, где работа связана с высокими требованиями по цветопередаче.

Пульсация светового потока (7) происходит с двойной частотой сети. При работе отдельной лампы ДРЛ в сети с частотой 50 Гц в схеме со стандартным дросселем коэффициент пульсации составляет 63 – 74 %. Срок их службы равен 12 -15 тыс. ч при стендовых испытаниях. В процессе работы ДРЛ световой поток и красное отношение постепенно снижаются. Скорость спада у маломощных (50 - 125 Вт) и мощных (1000 - 2000 Вт) ламп ДРЛ больше, чем у ламп мощностью 250 и 400 Вт.

Условные обозначения означают: Д - дуговая; Р - ртутная; Л - люминесцентная; цифры после букв соответствуют мощности лампы в ваттах, в скобках - "красное отношение" в процентах, через дефис - номер разработки. Пример обозначения ДРЛ с красным отношением 6 % мощностью 400 Вт: лампа ДРЛ 400 (6) ГОСТ 16354-77.

Основные области применения: наружное освещение (площади, улицы, дороги и т.д.), освещение промышленных

предприятий, складов с потолками выше 3-5 м, не требующее высокого качества цветопередачи. Эти источники света используются во всех странах мира из-за значительной световой отдачи (до 60 лм/Вт), компактной конструкции, позволяющей при относительно малых габаритах создавать лампы с различной мощностью (от 50 Вт до нескольких киловатт), высокого срока службы (более 10 тыс. ч) и малого спада светового потока в процессе эксплуатации.

Лампы ДРЛ имеют недостатки: 1) плохо зажигаются при отрицательных температурах; 2) используют индуктивные балласты; 3) требуется исправление цветности излучения.

Электрическая схема питания, позволяющая определять основные электрические и световые характеристики лампы ДРЛ, приведена на рисунке 2. Автотрансформатор АТ подключен к сети 220 В. К его выходу подсоединена через дроссель Др исследуемая лампа ДРЛ, которая установлена в фотометрическом блоке ФБ.

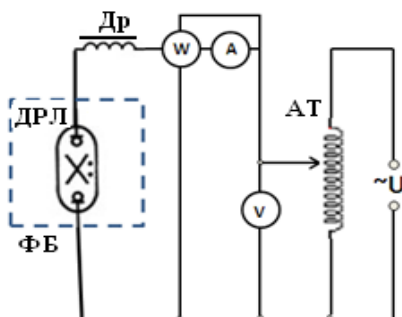


Рис. 2. Электрическая схема питания лампы ДРЛ.

Напряжение, подаваемое на лампу, величина тока, протекающего через лампу, и потребляемая электрическая мощность контролируются вольтметром V, амперметром A и ваттметром W. В одну из стенок фотометрического блока ФБ вставляется фотодатчик люксметра для измерения освещенности. Измерив поочередно освещенность E внутренней поверхности ФБ, созданной эталонной лампой и лампой ДРЛ можно оценить по формуле (9) световой поток.

Выполнение работы Измерения

1. Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРЛ от времени.

Источники оптического излучения

1. Перед выполнением работы убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, электрическая схема питания лампы (рис. 2) собрана, отключите выключатели всех используемых блоков.
2. Откройте дверцу фотометрического блока и убедитесь, что там установлена люминесцентная лампа высокого давления ДРЛ. Запишите ее мощность и закройте дверцу.
3. Включите люксметр согласно прилагаемой инструкции и вставьте фотоприемник в окно стенки фотометрического блока
4. Поверните рукоятку автотрансформатора против часовой стрелки до упора.
5. Последовательно включите: блок питания - G1; блок мультиметров - «Сеть»; измеритель мощности - «Сеть».
6. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 220 В, одновременно включите автотрансформатор и секундомер.
7. Через каждую минуту в течение 10 минут заносите в таблицу 1 время, показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра.

Таблица 1

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
t, мин									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

8. Подключите к зажимам лампы вертикальный вход осциллографа и включите его в сеть. Регуляторами «Частота строк» и «Усиление по вертикали» получите устойчивую осциллограмму и зарисуйте ее (инструкция по настройке осциллографа приведена на рабочем месте).

9. Откройте дверцу фотометрического блока и с помощью спектроколориметра «ТКА-ВД»/02 — измерьте координаты цветности и коррелированную цветовую температуру.

10. Закройте дверцу фотометрического блока. Выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте, и лампу ДРЛ не выключать.

2. Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРЛ от напряжения.

1. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 240 В.

2. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора с шагом 10 В от 240 В до значения, при котором лампа погаснет.

3. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра в таблицу 2.

Таблица 2

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
U, В									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

4. Отключите выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте.

Обработка результатов эксперимента

Задание 1. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРЛ от времени

1. Используя данные таблицы 1, вычислите для каждого момента времени t : коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (9).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 3.

Таблица 3

Источники оптического излучения

t, мин									
cosφ									
Φ, лм									
η, лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(t)$; $P(t)$; $Q(t)$; $K_p(t)$; $\cos\varphi(t)$; $\Phi(t)$; $\eta(t)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Задание 2. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРЛ от напряжения.

1. Используя данные таблицы 2, вычислите для каждого напряжения: коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (9).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 4.

Таблица 4

U, В									
cosφ									
Φ, лм									
η, лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(U)$; $P(U)$; $Q(U)$; $K_p(U)$; $\cos\varphi(U)$; $\Phi(U)$; $\eta(U)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Как устроена ртутная лампа высокого давления ДРЛ?
2. Как устроена ртутная горелка (разрядная трубка)?
3. Какую роль выполняют в разрядной трубке ртуть и аргон?
4. Приведите схему поджига и объясните ее работу.
5. Какие процессы протекают в лампе от включения до стабилизации разряда?
6. В чем заключаются достоинства и недостатки ламп ДРЛ?

Лабораторная работа № ИС7

Ртутная лампа высокого давления ДРВ

Цель работы: определить основные электрические и световые характеристики ртутной лампы высокого давления ДРВ.

Оборудование: универсальный лабораторный стенд.

Введение

Лампа типа ДРВ (рис. 1а) представляет собой разрядную трубку РТ в виде трубки из прозрачного кварцевого стекла 1, смонтированную в колбе 2 из тугоплавкого стекла. Разрядную трубку обвивает вольфрамовая спираль (ВС) 3. Разрядная трубка (рис. 1б) имеет кроме двух основных (4), один или два электрода поджига (5). Электроды поджига соединены с противоположными основными электродами через высокоомные (≈ 20 кОм) сопротивления (6) и служат для облегчения зажигания ламп. Питание электродов (основных и поджига) осуществляется через молибденовые вводы (2), запрессованные в РТ. На керн основных электродов (4) надета плотно свитая спираль. В пространство между керном и спиралью помещен активатор (оксид) в виде пасты.

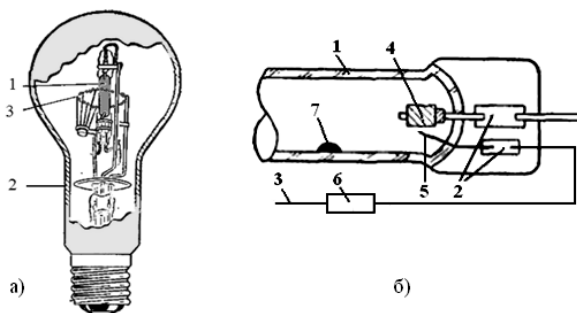


Рис. 1. Устройство ртутной лампы ДРВ (а) и ее разрядной трубки (б).

Внутри трубки после тщательного удаления воздуха вводится строго дозированное количество ртути (7) и аргон при давлении 1,5...3,0 кПа. Аргон служит для облегчения зажигания разряда и защиты электродов от распыления в начальной стадии разгорания лампы, так как при комнатной температуре давление паров ртути очень низкое (около 1 Па).

Источники оптического излучения

При подключении лампы ДРВ в сеть ее основные и вспомогательные электроды оказываются под сетевым напряжением, что вызывает между ними тлеющий разряд в аргоне. Ток разряда, ограниченный балластом (спиралью) и резисторами, нагревает газ, ртуть начинает испаряться. Кроме того, нагревается спираль катода до температуры, обеспечивающей эмиссию электронов с катода и возникновению дугового разряда. После зажигания дугового разряда происходит нагревание разрядной трубки и испарение ртути. Давление паров ртути повышается, вместе с тем изменяются все характеристики разряда: растут напряжение на лампе, мощность, поток излучения и КПД. Этот процесс продолжается в течение 5...7 минут до тех пор, пока не испарится вся ртуть, после чего все характеристики стабилизируются. При этом напряжение на ВС уменьшается и уменьшается яркость ее свечения.

Спектр излучения ртутного разряда высокого давления, выходящего из РТ, состоит из ряда спектральных линий, расположенных в УФ, видимой и ближней ИК частях спектра, и непрерывного фона. Интенсивность линий и непрерывного фона зависят от условий разряда: давления паров ртути, силы тока, диаметра РТ. В УФ области спектра излучение сосредоточено в наиболее интенсивных линиях: 248, 254, 265, 280, 297, 302, 313 и 365 нм. В видимой области излучение сосредоточено в четырех наиболее интенсивных группах линий: фиолетовой - 404/408, синей - 436 нм, зеленой - 546 нм и желтой - 577/79. Очевидно, что цветопередача излучения ртутного разряда плохая, из-за линейчатого спектра и отсутствия в нем оранжево - красных линий.

В лампе ДРВ используется такая же ртутная горелка, как и в лампах ДРЛ, но вокруг нее закреплена вольфрамовая спираль, которая заменяет индуктивный балласт. Размещение нити накала внутри колбы лампы создает дополнительное преимущество, заключающееся: 1) в сокращении периода разгорания за счет нагрева горелки излучением спирали; 2) в увеличении красного отношения (8); 3) в отсутствии дросселя.

Несмотря на перечисленные достоинства, у ламп ДРВ значительны и недостатки: 1) пульсации светового потока составляют $K = 70 - 90\%$, что объясняется наличием активного балласта; 2) световая отдача (8) составляет 18-20 лм/Вт, так как около 50% мощности расходуется на нагрев спирали; 3) снижен и срок службы. Поэтому применение ДРВ ограничено специальными областями, например облучательной техникой. Например, лампа ДРВЭ имеет внешнюю колбу, выполненную из специального стекла,

пропускающего ультрафиолетовое излучение. Такие лампы применяют для совместного освещения и облучения, например в теплицах. Срок службы таких ламп составляет 3-5 тыс. часов. Цветовая температура $\approx 4000\text{K}$.

Электрическая схема питания, позволяющая определять основные электрические и световые характеристики лампы ДРВ, приведена на рисунке 2. Автотрансформатор АТ подключен к сети 220 В. К его выходу подсоединена исследуемая лампа ДРВ, которая установлена в фотометрическом блоке ФБ. Напряжение, подаваемое на лампу, величина тока, протекающего через лампу и потребляемая электрическая мощность контролируются вольтметром V, амперметром А и ваттметром W.

В одну из стенок фотометрического блока ФБ вставляется фотодатчик люксметра для измерения освещенности. Измерив поочередно освещенность E внутренней поверхности ФБ, созданной эталонной лампой и лампой ДРЛ можно оценить по формуле (9) световой поток.

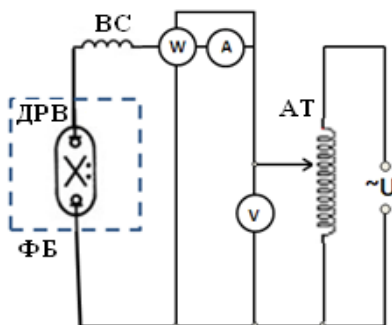


Рис. 2. Электрическая схема питания лампы ДРВ.

Выполнение работы Измерения

1. *Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРВ от времени.*

1. Перед выполнением работы убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, выключатели всех используемых блоков выключены. Откройте дверцу фотометрического блока и установите лампу ДРВ.

2. Поверните рукоятку автотрансформатора против часовой стрелки до упора. Последовательно включите: блок питания - G1; блок мультиметров - «Сеть»; измеритель мощности - «Сеть».

Источники оптического излучения

3. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 220 В, одновременно включите автотрансформатор и секундомер.

4. Через каждую минуту в течение 10 минут заносите в таблицу 1 время, показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра.

5. Подключите к зажимам лампы вертикальный вход осциллографа и включите его в сеть. Регуляторами «Частота строк» и «Усиление по вертикали» получите устойчивую осциллограмму и зарисуйте ее.

6. Откройте дверцу фотометрического блока и с помощью «ТКА-ВД»/02 измерьте координаты цветности и коррелированную цветовую температуру.

Таблица 1

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
t, мин									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

7. Закройте дверцу фотометрического блока. Выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте, и лампу ДРВ не выключать.

2. Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРВ от напряжения.

1. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 240 В.

2. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора с шагом 10 В от 240 В до значения, при котором лампа погаснет.

3. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра в таблицу 2.

Таблица 2

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
U, В									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

4. Отключите выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте.

Обработка результатов эксперимента

Задание 1. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРВ от времени.

1. Используя данные таблицы 1, вычислите для каждого момента времени t : коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (9).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 3.

Таблица 3

t , мин									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(t)$; $P(t)$; $Q(t)$; $K_p(t)$; $\cos\varphi(t)$; $\Phi(t)$; $\eta(t)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Задание 2. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРВ от напряжения.

Источники оптического излучения

- Используя данные таблицы 4, вычислите для каждого напряжения: коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (9).
- Занесите вычисленные значения в таблицу 4.

Таблица 4

U, В									
cosφ									
Φ, лм									
η, лм/В т									

- Постройте графики зависимостей: $I(U)$; $P(U)$; $Q(U)$; $K_n(U)$; $\cos\varphi(U)$; $\Phi(U)$; $\eta(U)$.
- По проделанному заданию сделать вывод.

Контрольные вопросы

- Как устроены ртутные лампы высокого давления ДРВ?
- Как устроена ртутная горелка (разрядная трубка)?
- Какую роль выполняют в разрядной трубке ртуть и аргон?
- Приведите схему поджига и объясните ее работу.
- Какие процессы протекают в лампе от включения до стабилизации разряда?
- В чем заключаются достоинства и недостатки лампы ДРВ?

Металлогалогенные лампы высокого давления (МГЛ)

Принципиальное отличие ламп МГЛ состоит в том, что в РТ, кроме ртути и аргона, дополнительно вводятся излучающие добавки (ИД) - металлы в форме простейших химических соединений (*галогениды или иодиды*), поэтому эти лампы имеют другое обозначение – ДРИ (дуговая ртутная с иодидами). В результате этих добавок удается в широких пределах изменять спектры излучения разряда. Смысл введения химических соединений вместо чистых элементов в том, что при этом обеспечивается два принципиальных преимущества: 1) в разряде создается достаточная концентрация атомов металлов, дающих требуемый спектр излучения, потому что, при рабочей температуре кварцевой РТ 800 - 900 °С давление паров *галогенидов* многих металлов значительно выше, чем у самих металлов (таллий, индий, скандий, диспрозий и др.); 2) появляется возможность вводить в разряд щелочные (натрий, литий, цезий) и другие агрессивные металлы (кадмий, цинк), которые в чистом виде вызывают быстрое разрушение кварцевого стекла при температурах выше 300 – 400 °С.

Упрощенная схема действия МГЛ заключается в следующем (рис. 1). В холодном состоянии йодиды металлов (MeI) в виде тонкой плёнки конденсируются на стенках разрядной трубки (РТ). При разгорании РТ температура колбы повышается и металлогалогенные соединения испаряется с ее стенок. В результате диффузии молекулы иодидов металлов (MeI), попадая в зону разряда с высокой температурой, разлагаются на атомы ($Me + I$). Атомы металла при высокой температуре в зоне разряда возбуждаются и излучают характерный для них спектр.

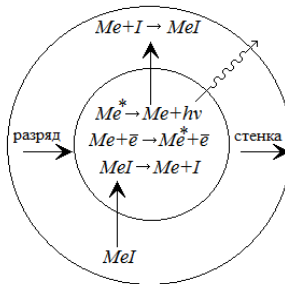


Рис. 1. Схематическое представление галогенного цикла в лампах ДРИ.

Затем, диффундируя за пределы канала разряда в зону с более низкой температурой, атомы металла и галогена

Источники оптического излучения

восстанавливаются и в таком виде существуют у стенок колбы, не вызывая их разрушение. Благодаря конвекции газа внутри газоразрядного промежутка и диффузии, йодиды снова попадают в зону разряда и цикл повторяется. Применение галогенидов резко увеличило число химических элементов, используемых для генерации излучения, что позволило создавать МГЛ с различными спектрами, особенно при использовании смеси галогенидов. Несмотря на относительно малую концентрацию добавляемых металлов по сравнению с концентрацией ртути, почти все излучение разряда создается высвечиванием добавок, что объясняется более низкими потенциалами возбуждения этих атомов по отношению к атомам Hg.

МГЛ — компактный, мощный и эффективный источник света, с высоким индексом цветопередачи (>90), находящий широкое применение в осветительных и светосигнальных приборах различного назначения. Основные области применения: утилитарное, декоративное и архитектурное наружное освещение, осветительные установки (ОУ) промышленных и общественных зданий, сценическое и студийное освещение, ОУ для освещения больших открытых пространств (железнодорожные станции, карьеры и т. п.), освещение спортивных объектов и др.

Для зажигания МГЛ при любых температурах используется импульсное зажигающее устройство (ИЗУ) 3 (рис. 2). Дроссель 2 ограничивает величину тока через разрядную трубку 1. Для увеличения cosφ на входе устанавливается конденсатор С.

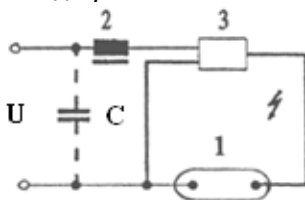


Рис. 2. Схема подключения ИЗУ

Напряжение сети U на характеристики ламп ДРИ влияет больше, чем на ДРЛ. При медленных изменениях U в пределах $\pm (10 - 15)\%$ и работе со стандартным дросселем световой поток МГЛ меняется в отношении $\Delta\Phi_v/\Phi_v = 2,5\Delta U_c/U_c$, мощность: $\Delta P/P = 2\Delta U_c/U_c$. С ростом U_c , $T_{цв}$ падает. Пульсации светового потока в МГЛ типа ДРИ существенно ниже, чем в лампах ДРЛ (около 30). Срок службы ламп типа ДРИ обычно ниже, а спад светового потока в процессе эксплуатации больше, чем у ДРЛ.

Лабораторная работа № ИС8

Металлогалогенная ртутная лампа высокого давления ДРИ

Цель работы: определить основные электрические и световые характеристики ртутных ламп высокого давления ДРИ.

Оборудование: универсальный лабораторный стенд.

Введение

Металлогалогенные лампы (МГЛ), появившиеся в начале 60-х годов прошлого столетия, открыли новую страницу в развитии газоразрядных ламп. Их многообещающие перспективы обусловлены сочетанием высокой световой отдачи и хорошей цветопередачи, присущих люминесцентным лампам с высокой удельной мощностью излучения, которой отличаются ртутные лампы высокого давления. Они лишены существенных недостатков ДРЛ и ДРВ. Устройство и принцип действия МГЛ (рис. 1) очень похожи на ртутные лампы высокого давления типа ДРЛ. С помощью пружинящих фиксаторов (2) и ножки (7) кварцевая или керамическая разрядная трубка (4) укреплена в колбе (1) из боросиликатного стекла. Внешне лампы ДРИ отличаются от ламп ДРЛ тем, что в МГЛ, как правило, используется безрамный монтаж РТ, на концах РТ имеется утепляющее покрытие (6), отсутствуют электроды поджига; при одинаковой их мощности длина РТ меньше, а диаметр больше. В зависимости от типа лампы на внутренней поверхности внешней колбы нанесен люминофор, либо она прозрачна. Для поглощения выделяющихся из электродов газа установлен геттер (3).

Обычно световой поток в горизонтальном положении на 15-18% ниже, чем в вертикальном, а цветовая температура, наоборот, выше. При изменении положения горения все параметры стабилизируются через несколько часов работы. Лампы мощностью больше 1 кВт из-за тяжелого теплового режима рассчитаны на определенное положение горения. Некоторые типы МГЛ выпускаются в нескольких модификациях, каждая из которых рассчитана на одно определенное положение горения. Таким образом, удастся оптимизировать тепловой режим горелки, повысить световую отдачу и срок службы МГЛ.

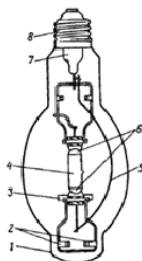


Рис. 1. Устройство МГЛ.

В условном обозначении типов лампы буквы и цифры означают: Д - дуговая; Р - ртутная; И - с излучающими добавками; число - номинальная мощность в Ваттах; цифра после дефиса - номер разработки или модификации. Пример: ДРИ 400 ГОСТ 24424-80

Введение иодидов повышает напряжение зажигания разряда. Температура окружающей среды влияет на параметры ДРИ так же, как и на ДРЛ, с понижением температуры напряжение зажигания увеличивается. Для зажигания МГЛ при любых температурах используется импульсное зажигающее устройство (ИЗУ).

Электрическая схема питания, позволяющая определять основные электрические и световые характеристики лампы ДРИ, приведена на рис. 2. Автотрансформатор (АТ) подключен к сети 220 В. К его выходу подсоединена исследуемая лампа ДРИ, с дросселем (Др) и импульсным зажигающим устройством (ИЗУ), которая установлена в фотометрическом блоке (ФБ). Напряжение, приложенное к лампе, величина тока и потребляемая электрическая мощность лампой контролируются вольтметром V, амперметром А и ваттметром W.

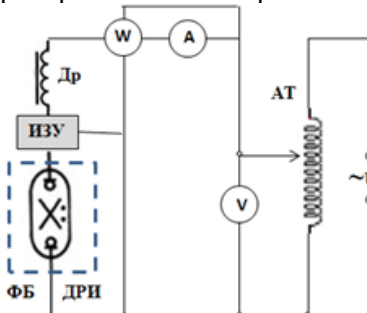


Рис. 2. Электрическая схема питания лампы

Выполнение работы Измерения

1. *Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от времени.*

1. Перед выполнением работы убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, электрическая схема питания лампы (рис. 2) собрана, отключите выключатели всех используемых блоков.

2. Откройте дверцу фотометрического блока и убедитесь, что там установлена металлогалогенная лампа высокого давления ДРИ. Запишите ее мощность и закройте дверцу.

3. Включите люксметр, согласно прилагаемой инструкции, и вставьте его фотоприемник в окно фотометрического блока.

4. Поверните рукоятку автотрансформатора против часовой стрелки до упора.

5. Последовательно включите: блок питания - G1; блок мультиметров - «Сеть»; измеритель мощности - «Сеть».

6. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 220 В, одновременно включите автотрансформатор и секундомер.

7. Через каждую минуту в течение 15 минут заносите в таблицу 1 время, показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсометра.

Таблица 1

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
t, мин									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

8. Откройте дверцу фотометрического блока и с помощью спектроколориметра «ТКА-ВД»/02 измерьте координаты цветности и коррелированную цветовую температуру.

Источники оптического излучения

9. Закройте дверцу фотометрического блока. Выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте, и лампу ДРИ не выключать.

2. *Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от напряжения.*

1. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 240 В.

2. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора шагом 10 В от 240 В до значения, при котором лампа погаснет.

3. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра в таблицу 2.

4. Отключите выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте.

Таблица 2

№ , п/ п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
U, В									
I, А									
P, Вт									
Q, Ва р									
E, лк									
Кп , %									

Обработка результатов эксперимента

Задание 1. *Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от времени*

1. Используя данные таблицы, 1 вычислите для каждого момента времени t : коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (8).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 3.

Таблица 3

t , мин									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(t)$; $P(t)$; $Q(t)$; $K_{\text{п}}(t)$; $\cos\varphi(t)$; $\Phi(t)$; $\eta(t)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Задание 2. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от напряжения.

1. Используя данные таблицы 2, вычислите для каждого напряжения: коэффициент мощности (5); световой поток (10); световую отдачу (16).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 4.

Таблица 4

U , В									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(U)$; $P(U)$; $Q(U)$; $K_{\text{п}}(U)$; $\cos\varphi(U)$; $\Phi(U)$; $\eta(U)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Как устроена ртутная лампа высокого давления ДРИ?
2. Какую роль выполняют в горелке галогениды?
3. В чем состоит смысл замкнутого галогенного цикла?
4. Какие процессы протекают в лампе от включения до стабилизации разряда?
5. Как влияет на светотехнические характеристики колебания напряжения и положение горелки?
6. Каким образом зажигают МГЛ? Какую роль в схеме поджига играют дроссель и конденсатор?
7. Приведите достоинства и недостатки ламп ДРИ.

Лабораторная работа № ИС9

Пржекторная металлогалогенная лампа высокого давления

Цель работы: определить основные электрические и световые характеристики прожекторной металлогалогенной лампы высокого давления

Оборудование: универсальный лабораторный стенд.

Введение

Металлогалогенные лампы МНН-TD 70-150W со степенью защиты IP65 устанавливаются в закрытые прожекторы с тугоплавким стеклом. Применяются в декоративном и архитектурном наружном освещении, для освещения спортивных объектов, фасадов зданий и рекламных щитов, памятников, пристаней, строительных площадок, заправочных станций, теплиц и больших площадей. Кроме того, применяется для внутреннего акцентного освещения в магазинах и торговых центрах. Лампа характеризуется высоким качеством цветопередачи, высокой светоотдачей при небольшом потреблении энергии. Устройство лампы приведено на рис. 1.

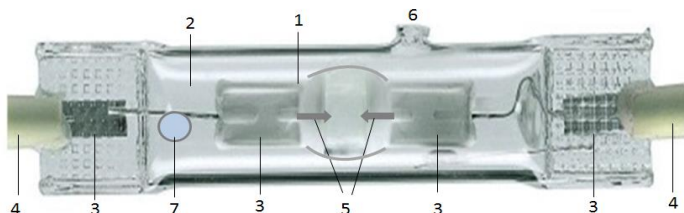


Рис. 1. Устройство металлогалогенной лампы МНН-TD 70W

Двухцокольная разрядная трубка (1) помещена в прозрачную внешнюю колбу (2) с защитой от УФ-излучения. Электроды разрядной трубки (РТ) выведены через полоски молибденовой фольги (3), которые заштампованы в сплюснутые концы разрядной трубки. Аналогично электроды выведены из внешней колбы и соединены к цокольным клеммам (4). Внутренняя часть электродов (5) выполнена из вольфрама. Разрядная трубка наполнена ртутью и смесью галогенидов диспрозия, гольмия и тулия с добавлением натрия и таллия для коррекции цвета и стабилизации разряда. Через штенгель (6) во внешней колбе создан вакуум, который поддерживается геттером (7).

Применение смеси галогенидов обеспечивает генерацию излучения с различными спектрами. Несмотря на относительно малую концентрацию добавляемых металлов по сравнению с концентрацией ртути, почти все излучение разряда создается высвечиванием добавок, что объясняется более низкими потенциалами возбуждения этих атомов. На рис. 2 приведен один из спектров излучения лампы MHN-TD 70W.

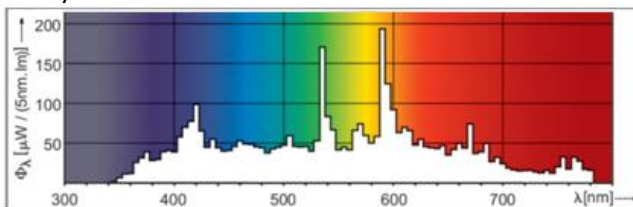


Рис. 2. Спектр излучения лампы MHN-TD 70W

Так как в области электродов градиент напряженности электрического поля максимален, то электроны приобретают энергию достаточную для возбуждения атомов металла, которые излучают характерный для каждого металла спектр.

Диаграмма излучения дугового разряда лампы во взаимно перпендикулярных плоскостях приведена на рисунке 3.

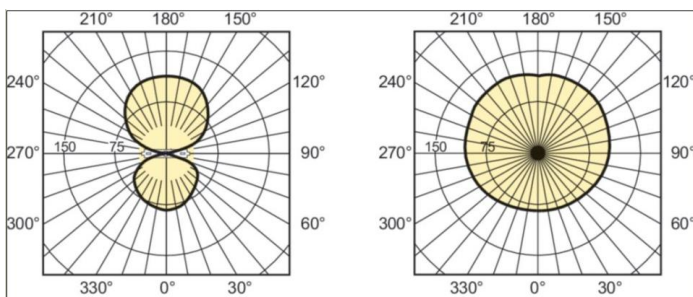


Рис. 3. Диаграмма излучения лампы MHN-TD 70W

Срок службы лампы MHN-TD 70W определяется составом излучающего вещества, физическими процессами, протекающими в нем и их интенсивностью. На рис. 4 приведена усредненная кривая спада светового потока Φ лампы в процессе ее эксплуатации.

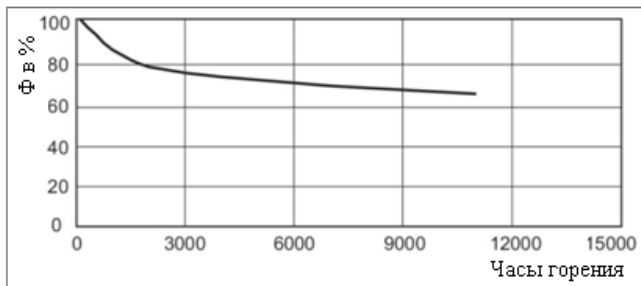


Рис. 4. Изменение светового потока лампы MHN-TD 70W

Технические характеристики лампы MHN-TD 70W:

Мощность 70 Вт; цоколь Rx7s; цветовой код 842; индекс цветовой передачи 80Ra; цветовая температура 4200 К; световая отдача 76 лм/Вт; положение горения р45; габаритные размеры D=21 мм, L=120 мм.

Положение горения ламп ДРИ в процессе эксплуатации значительно влияет на их параметры. Введение иодидов повышает напряжение зажигания разряда. Для зажигания МГЛ при любых температурах используется импульсное зажигающее устройство (ИЗУ) (рис. 5). Дроссель ограничивает величину тока через разрядную трубку.

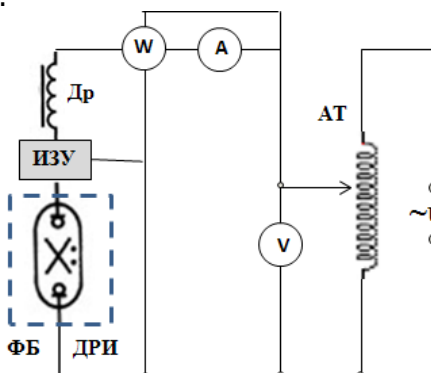


Рис. 5. Электрическая схема питания лампы

Электрическая схема питания, позволяющая определять основные электрические и световые характеристики лампы ДРИ, приведена на рис. 5.

Автотрансформатор АТ подключен к сети 220 В. К его выходу подсоединена исследуемая лампа ДРИ, с дросселем (Др) и импульсным зажигающим устройством ИЗУ, которая установлена в

фотометрическом блоке (ФБ). Напряжение, приложенное к лампе, величина тока и потребляемая электрическая мощность лампой контролируются вольтметром V , амперметром A и ваттметром W .

Выполнение работы

Измерения

1. *Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от времени.*

1. Перед выполнением работы убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, электрическая схема питания лампы (рис. 5) собрана, отключите выключатели всех используемых блоков.

2. Откройте дверцу фотометрического блока и убедитесь, что там установлена металлогалогенная лампа высокого давления ДРИ. Запишите ее мощность и закройте дверцу.

3. Включите люксметр, согласно прилагаемой инструкции, и вставьте его фотоприемник в окно фотометрического блока.

4. Поверните рукоятку автотрансформатора против часовой стрелки до упора.

5. Последовательно включите: блок питания - G1; блок мультиметров - «Сеть»; измеритель мощности - «Сеть».

6. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 220В, одновременно включите автотрансформатор и секундомер.

7. Через каждую минуту в течение 10 минут заносите в таблицу 1 время, показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсометра.

Таблица 1

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
t , мин									
I , А									
P , Вт									
Q , Вар									
E , лк									
K_p , %									

8. Откройте дверцу фотометрического блока и с помощью спектроколориметра «ТКА-ВД»/02 — измерьте координаты цветности и коррелированную цветовую температуру.

9. Закройте дверцу фотометрического блока. Выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте, а лампу ДРИ не выключать.

2. Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от напряжения.

1. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 240 В.

2. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора с шагом 10В от 240В до значения, при котором лампа погаснет.

3. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра в таблицу 2.

4. Отключите выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте.

Таблица 2

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
U, В									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

Обработка результатов эксперимента

Задание 1. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от времени

1. Используя данные таблицы 1, вычислите для каждого момента времени t : световой поток (Φ), где $\Phi_{\text{э}} = \dots$, $E_{\text{э}} = \dots$; коэффициент мощности ($\cos\varphi$); световую отдачу (η).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 3.

Таблица 3

t , мин									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(t)$; $P(t)$; $Q(t)$; $K_{\text{п}}(t)$; $\cos\varphi(t)$; $\Phi(t)$; $\eta(t)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Задание 2. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от напряжения.

1. Используя данные таблицы 2, вычислите для каждого напряжения: световой поток (Φ); коэффициент мощности ($\cos\varphi$); световую отдачу (η).

2. Занесите вычисленные значения в таблицу 4.

Таблица 4

U, В									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(U)$; $P(U)$; $Q(U)$; $K_n(U)$; $\cos\varphi(U)$; $\Phi(U)$; $\eta(U)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Как устроена ртутная лампа высокого давления ДРИ?
2. Какую роль выполняют в горелке галогениды?
3. В чем состоит смысл замкнутого галогенного цикла?
4. Какие процессы протекают в лампе от включения до стабилизации разряда?
5. Как влияет на светотехнические характеристики колебания напряжения и положение горелки?
6. Каким образом зажигают МГЛ? Какую роль в схеме поджига играют дроссель и конденсатор?
7. Приведите достоинства и недостатки ламп ДРИ.

Лабораторная работа № ИС10

Натриевая ртутная лампа высокого давления

Цель работы: определить основные электрические и световые характеристики ртутных ламп высокого давления ДНаТ.

Оборудование: универсальный лабораторный стенд, ртутная лампа высокого давления ДНаТ.

Введение

Исследования характеристик натриевого разряда, проведенные в 20 – 30-х годах 20 столетия, выявили условия разряда, обеспечивающие наибольший выход резонансных линий с 589,0 и 589,6 нм, кроме того, наполнение ламп аргоном резко повышало светоотдачу. На рис.1 приведена зависимость световой

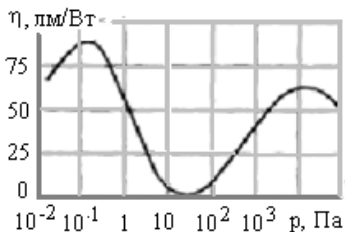


Рис.1. Зависимость световой отдачи натриевого разряда от давления

отдачи натриевого разряда от давления паров натрия. Область первого максимума использована в натриевых лампах низкого давления, но особого применения не получило из-за монохроматического света, соответствующего резонансным линиям. Второй максимум световой отдачи достигается в натриевом разряде ВД при давлении около 10 кПа. Это давление имеют насыщенные пары натрия при температуре 650 – 750 °С.

Практическое использование такого разряда стало возможным после освоения технологии производства разрядной трубки (РТ) из поликристаллической окиси алюминия.

Устройство. Дампа типа ДНаТ представляет собой цилиндрическую разрядную трубку (РТ) 2, укрепленную в вакуумированной внешней колбе 1 с помощью ножки 5 и траверса 6 (рис. 2а). Давление во внешней колбе равно 0,01 Па, поддерживается оно в течение всего срока службы при помощи газопоглотителя (геттера) 3.

Источники оптического излучения

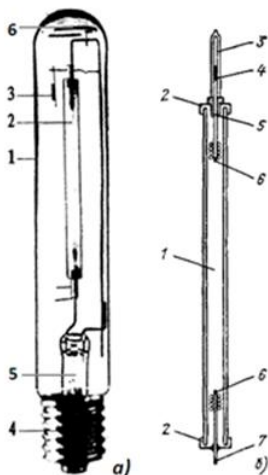


Рис.2. Устройство лампы ДНаТ (а) и разрядной трубки (б)

Разрядная трубка (рис.2б) изготавливается из особо чистой окиси алюминия в виде диффузно пропускающей свет поликристаллической керамики Al_2O_3 (поликор) либо в виде прозрачного трубчатого монокристалла (монокор). Эти материалы устойчивы к длительному воздействию паров натрия при температуре 1600 °С механически прочные и вакуумно-плотные; общий коэффициент пропускания видимого излучения равен 90 - 95%. В зависимости от мощности лампы РТ (1) имеют внешний диаметр 5 - 12, толщину стенки 0,5-1,0 мм. В качестве материала ввода (7) обычно используют ниобий - тугоплавкий и химически стойкий металл с температурным коэффициентом расширения, наиболее близким к керамике, на конце которого находятся активированные электроды (6). Пайку ввода к оболочке РТ осуществляют с помощью специальных высокотемпературных стеклоцементов при 1400 - 1500°С.

Конструктивно вводы выполняют в виде ниобиевых колпачков (2), в которые впаяна ниобиевая трубочка (3), служащая одновременно откачным штенгелем, держателем электрода и внешним выводом РТ. В отверстии штенгеля (5) находится ампула с амальгамой натрия (4). Возможны и другие конструктивные особенности РТ.

Разрядная трубка ДНаТ содержит смесь паров натрия и ртути, вводимых в виде амальгамы с атомным содержанием натрия 65-75%, и зажигающий газ ксенон. Натрий, имеющий наиболее низкие потенциалы возбуждения и ионизации, служит основным рабочим веществом, являясь источником электронов, ионов и излучения; ртуть добавляется в качестве буферного газа для повышения температуры разряда, градиента потенциала в столбе разряда и снижения тепловых потерь; в излучении лампы ртуть практически не участвует. Рабочее давление паров натрия составляет 4-14 кПа, соотношение парциальных давлений паров натрия и ртути 1:10 - 1:20. Ксенон вводится при холодном давлении

2,6 кПа. Он повышает световую отдачу (9) за счет снижения теплопроводности плазмы.

Схема включения. Для включения лампы ДНаТ в сеть используется импульсное зажигающее устройство (ИЗУ) (рис.3).

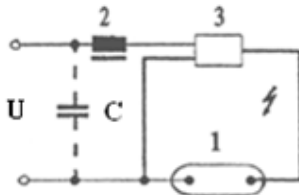


Рис. 3. Схема подключения ИЗУ

Дроссель 2 ограничивает величину тока через РТ 1. Для увеличения коэффициента мощности на входе устанавливается конденсатор С. В момент включения лампы в сеть на ее электроды подается высоковольтный импульс 2,5-4 кВ, приводящий к ионизации газа и возникновения тока в лампе. Время разгорания лампы составляет 5-7 мин и определяется скоростью нагрева ее и испарения натрия и ртути. Заслуживает внимание в натриевой лампе ВД то, что напряжение "горячего повторного зажигания" ее значительно ниже, чем у других ламп вследствие избытка легко ионизируемого натрия в газовой фазе. Поэтому после внезапного отключения напряжения натриевые лампы ВД повторно зажигаются в пределах минуты, т.е. задолго до того, как она остынет до окружающей температуры. Однако если отключение продолжается более 1-2 мин, натрий конденсируется, и тогда лампа будет остывать примерно до той же температуры, что и ртутная лампа ВД, прежде чем снова зажжется. Разряд в насыщенных парах натрия и ртути в ДНаТ значительно зависит от напряжения сети.

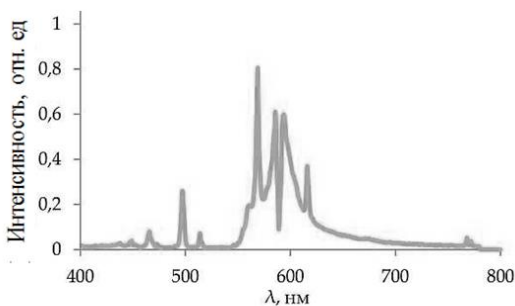


Рис. 4. Спектр излучения лампы ДНаТ

Спектр. Спектр излучения натриевых ламп ЦЦ содержит сильно уширенные резонансные Д-линии натрия (589 и 589,6 нм) с сильным самообращением, а также интенсивные линии в сине-зеленой части спектра (рис. 4). Излучение имеет

Источники оптического излучения

приятный золотисто-белый оттенок, цветовую температуру 2100 К, координаты цветности $x=0,510$, $y=0,410$, общий индекс цветопередачи 23. Цветовую температуру можно повысить за счет увеличения давления паров натрия, но при этом неизбежно снизится световая отдача (рис. 1). Спад световой отдачи обусловлен тем, что при повышении давления происходит дальнейшее расширение промежутка самообращения линий 589/9,6 нм и самообращённый промежуток появляется вблизи максимума кривой относительной спектральной световой эффективности. Кроме того, крылья линии натрия расширятся в сторону ИК-излучения. Спектр излучения ламп большой мощности отличается от ламп спектра малой мощности более высоким давлением паров натрия.

Баланс мощности натриевых ламп ВД следующий: потери на электродах - 6%, видимое излучение - 30%, УФ и ИК излучение - 20%, тепловые потери в столбе разряда - 44%. В желто-оранжевой области 560-610 нм сосредоточено 70% видимого излучения.

Срок службы ДНаТ ограничивается главным образом постепенным ростом напряжения (на 1-5 В за каждые 1000 ч горения), который обусловлен малым количеством натрия и его "истечением", а также утеплением РТ за счет почернения приэлектродных концов. Во время работы лампы концы РТ темнеют из-за оседания испарившегося и распыленного материала электродов, в результате чего температура электродов, давление натрия и ртути в РТ увеличиваются. Повышение давления ведет к росту градиента потенциала, падения напряжения на дуге. Другая причина выхода ДНаТ из строя – разрушение металлокерамических вводов. Ненадежность спая колпачка с РТ - основной недостаток ДНаТ. Работа ДНаТ на переменном токе частотой 50 Гц сопровождается значительными пульсациями светового потока (около 70).

Желто-золотистый цвет излучения натрия ограничивает область применения ламп. Типичные объекты - улицы, площади, скоростные магистрали, транспортные пересечения, протяженные туннели, большие открытые пространства, спортивные сооружения, аэродромы, строительные площадки, контейнерные площадки на железнодорожных станциях, открытые и закрытые склады, производственные помещения, архитектурные сооружения, некоторые общественные здания с кратковременным пребыванием людей - вокзалы, аэродромы и т.п.

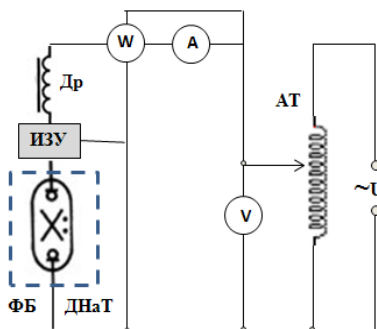


Рис.5. Электрическая схема питания лампы

которая установлена в фотометрическом блоке ФБ. Напряжение, подаваемое на лампу ДНаТ, величина тока, протекающего через лампу и потребляемая электрическая мощность контролируются вольтметром V, амперметром A и ваттметром W.

Электрическая схема

питания, позволяющая определять основные электрические и световые характеристики лампы ДНаТ, приведена на рисунке 5. Автотрансформатор АТ подключен к сети 220 В. К его выходу подсоединена исследуемая лампа ДНаТ, с дросселем (Др) и импульсным зажигающим устройством ИЗУ,

Выполнение работы Измерения

1. Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДНаТ от времени.

1. Перед выполнением работы убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, электрическая схема питания лампы (рис. 5) собрана, отключите выключатели всех используемых блоков.

2. Откройте дверцу фотометрического блока и убедитесь, что там установлена металлогалогенная лампа высокого давления ДНаТ. Запишите ее мощность и закройте дверцу.

3. Включите люксметр, согласно прилагаемой инструкции, и вставьте его фотоприемник в окно фотометрического блока.

4. Поверните рукоятку автотрансформатора против часовой стрелки до упора.

5. Последовательно включите: блок питания - G1; блок мультиметров - «Сеть»; измеритель мощности - «Сеть».

6. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 220 В, одновременно включите автотрансформатор и секундомер.

7. Через каждую минуту в течение 10 минут заносите в таблицу 1 время, показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсометра

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
t, мин									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

8. Откройте дверцу фотометрического блока и с помощью спектроколориметра «ТКА-ВД»/02 — измерьте координаты цветности и коррелированную цветовую температуру.

9. Закройте дверцу фотометрического блока. Выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте, и лампу ДНаТ не выключать.

2. Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДРИ от напряжения.

1. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 240 В.

2. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора с шагом 10В от 240В до значения, при котором лампа погаснет.

3. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра в таблицу 2.

Таблица 2

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
U, В									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
Kп, %									

4. Отключите выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте.

Обработка результатов эксперимента

Задание 1. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДНаТ от времени

Источники оптического излучения

- Используя данные таблицы 1 вычислите для каждого момента времени t : коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (9).
- Занесите вычисленные значения в таблицу 3.

Таблица 3

t , мин									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(t)$; $P(t)$; $Q(t)$; $K_p(t)$; $\cos\varphi(t)$; $\Phi(t)$; $\eta(t)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Задание 2. Построение зависимостей электрических и светотехнических параметров лампы ДНаТ от напряжения.

- Используя данные таблицы 2, вычислите для каждого напряжения: коэффициент мощности (3); световой поток (6); световую отдачу (9).
- Занесите вычисленные значения в таблицу 4.

Таблица 4

U, В									
$\cos\varphi$									
Φ , лм									
η , лм/Вт									

3. Постройте графики зависимостей: $I(U)$; $P(U)$; $Q(U)$; $K_p(U)$; $\cos\varphi(U)$; $\Phi(U)$; $\eta(U)$.

4. По проделанному заданию сделать вывод.

Контрольные вопросы

- Как устроена ртутная лампа высокого давления ДНаТ?
- Какую роль выполняют в горелке ДНаТ ртуть и аргон?
- Объясните работу схемы включения лампы.
- Какие процессы протекают в лампе от включения до стабилизации разряда?
- Каково условное обозначение ламп ДНаТ и где они используются?

Ксеноновые лампы высокого и сверхвысокого давления

Ксеноновая дуговая лампа — источник искусственного света, в котором светится электрическая дуга в колбе, заполненной ксеноном. Дает яркий белый свет, близкий по спектру к дневному.

Ксеноновые лампы делятся на несколько видов по конструкции и сфере применения: трубчатые; шаровые; облучательные.

Трубчатые ксеноновые лампы являются устройствами для создания освещения в жилых зданиях и помещениях. Электроды в них находятся на большом удалении между собой, поэтому для их функционирования необходим балласт. Трубчатые ксеноновые лампы типа ДКСТ выпускаются с естественным и искусственным охлаждением. Они имеют более высокую световую отдачу и изготавливаются преимущественно на большие мощности - от 1 до 100 кВт. Такие лампы применяются для облучения растений в теплицах, для внешнего освещения складов, вокзалов и других общественных или промышленных объектов.

Шаровые ксеноновые лампы стали наиболее популярными из всех видов. Их устройство состоит из небольшой колбы, наполненной ксеноном. Электроды в лампе расположены на очень близком расстоянии друг от друга. Короткодуговые ксеноновые лампы СВД типа ДКСШ выпускаются в широком диапазоне мощностей от 70 Вт до 10 кВт, в колбах шаровой или эллипсоидальной формы.

Используются короткодуговые ксеноновые лампы в автомобилях для освещения дорог, для целей кинопроекции как источники света высокой яркости с компактным светящимся телом и отличной цветопередачей. Лампы применяются также в установках радиационного нагрева и сварки светом, в прожекторах и маяках, а также в качестве имитаторов солнечного излучения и в других случаях, где требуется высокая яркость, мгновенное включение и спектр, близкий к солнечному.

Облучательные ксеноновые лампы применяются в фармацевтическом производстве. Их особенностью является использование керамической колбы и отверстия в ней для прохождения ультрафиолетового излучения. Такой свет применяется в медицине для лечения различных заболеваний.

Во всех современных ксеноновых лампах используется колба из кварцевого стекла с электродами из вольфрама, легированного торием (увеличивает эмиссию электронов). Кварцевое стекло — это единственный экономически приемлемый

Источники оптического излучения

оптически прозрачный материал, который выдерживает высокое давление (до 25 атм), и высокую температуру (до 600 °С).

Шаровые ксеноновые лампы могут работать на переменном и постоянном токе. Отличие этих ламп - в конструкции электродов. При переменном токе оба электрода имеют одинаковую конструкцию (рис. 1а). При постоянном токе лампа имеет очень массивный анод (рис. 1б), располагаемый сверху.

Шнур разряда шаровых ксеноновых ламп постоянного тока при их работе в вертикальном положении анодом вверх имеет форму конуса, опирающегося своим острием на кончик катода и расширяющийся кверху. Около катода образуется маленькое катодное пятно очень высокой яркости. Распределение яркости в шнуре разряда остается одинаковым при изменении плотности тока разряда в широких пределах, что дает возможность построить единые кривые распределения яркости вдоль и поперек разряда (рис. 1в.).

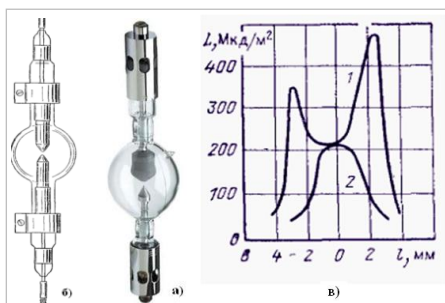


Рис. 1. Шаровые ксеноновые лампы: переменного тока – б); постоянного тока - а). Распределение яркости вдоль (1) и поперек (2) оси разряда ксеноновой лампы – в).

Для возникновения разряда в инертном газе, находящимся под высоким или СВД, необходимо подать на лампу напряжение 20 - 30 кВ. На рис. 2 показана упрощенная электрическая схема зажигания ксеноновой лампы. При замыкании контактов K_1 сетевое напряжение 220 В подается на первичную обмотку повышающего трансформатора T_1 .

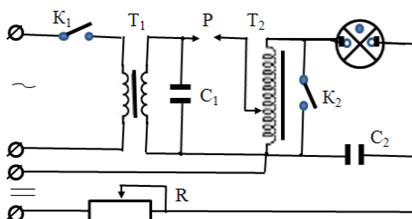


Рис. 2. Электрическая схема зажигания ксеноновой лампы

Напряжение порядка ~ 5 кВ, снимаемое с вторичной обмотки, подается к обкладкам конденсатора C_1 . Когда напряжение на обкладках конденсатора достигает определенной величины, происходит пробой воздушного промежутка разрядника P ; конденсатор разряжается на часть обмотки импульсного автотрансформатора T_2 . В контуре, образованном этим участком обмотки, разрядником и конденсатором, возникают высокочастотные колебания. При этом со всей обмотки импульсного автотрансформатора снимается напряжение порядка 20 - 30 кВ. Под действием этого напряжения, приложенного к электродам ксеноновой лампы, через блокировочный конденсатор C_2 происходит пробой межэлектродного промежутка, ионизация газа и через газ начинает проходить электрический ток, приводящий к резкому увеличению электронов и ионов. Сопротивление газового столба резко уменьшается, что приводит к установлению в лампе стационарного дугового разряда и электролюминесценцию ксенона. После этого контакты K_1 размыкаются, контакты K_2 замыкаются, а разряд поддерживается низким рабочим напряжением, подаваемым к лампе от источника постоянного или переменного тока. Величину тока через лампу регулируют реостатом R .

Спектр излучения ксенона высокого (ВД) и сверхвысокого (СВД) давления приведен на рисунке 3. Характерной особенностью спектра является то, что в видимом диапазоне спектральный состав ксенона близок к спектру Солнца. Кроме того, имеет место мягкое ультрафиолетовое излучение и мощное инфракрасное.

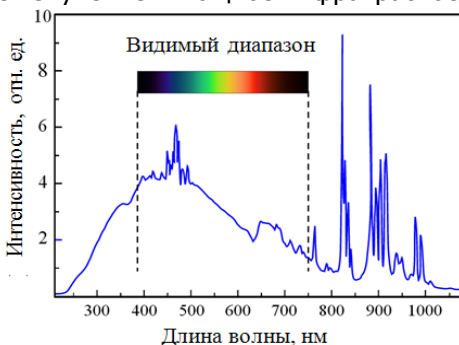


Рис. 3. Спектр излучения ксеноновых ламп ВД и СВД

Для расширения спектрального диапазона излучения в сторону коротковолнового ультрафиолета и увеличению срока службы лампы применяют изготовление колбы лампы из сапфира.

Ксеноновые дуговые лампы ВД и СВД имеют ряд положительных и отрицательных особенностей по сравнению с аналогичными разрядами в парах ртути.

К положительным особенностям относятся: 1) непрерывный спектр излучения в области от 200 до 2000 нм. (рис. 1), цветовая температура близкая к солнечной $-T_{ц} \approx 6000 - 6100$ К, цветопередача $R_a \approx 95-98$; 2) практическая независимость параметров ламп от рабочей температуры колбы и внешней среды, что дает возможность эксплуатировать лампы при температурах до -50 °С; 3) возможность включения длинных разрядных трубок в сеть с малым балластным сопротивлением и даже без него при плотностях тока свыше 20 А/см²; 4) практическое отсутствие периода разгорания.

К отрицательным особенностям относятся: 1) наличие в близкой ИК-области спектра (0,8-1,0 мкм) нескольких интенсивных спектральных линий, для устранения излучения которых при создании имитаторов солнечного излучения, приходится применять специальные фильтры; 2) высокие напряжения зажигания разряда, достигающие 20-50 кВ, требующие специального блока поджига; 3) в 3-4 раза большая длина дуги (при одинаковых U и P), чем в ртути; 4) более сильная подверженность дуги влиянию конвекции и воздействию магнитных полей; 5) более низкие световые отдачи (в 2-2,5 раз) и сроки службы (в несколько раз), чем у ртутных ламп аналогичного типа; 6) большая глубина модуляции излучения.

Лабораторная работа № ИС11

Ксеноновая лампа высокого давления

Цель работы: определить основные электрические и световые характеристики ксеноновой лампы высокого давления LC-KS65W.

Оборудование: универсальный лабораторный стенд, ксеноновая лампа высокого давления LC-KS65W.

Введение

Для исследования электрических и световых характеристик ксеноновой лампы ВД используется короткодуговая лампа переменного тока LC-KS65W, спроектированная под цоколь E27.

Источники оптического излучения



Рис.1. Устройство лампы

Исследуемая лампа (рис.1) включает в себя матовую колбу (1), внутри которой установлена короткодуговая разрядная трубка переменного тока (2). Поджиг разрядной трубки и ее питание осуществляется от электронного блока (4). Охлаждение разрядной трубки и электронного блока обеспечивается радиатором (3). Цоколь лампы (5).

Паспортные характеристики лампы:

1. Электрические характеристики: электрическая мощность 65 Вт; рабочее напряжение 220В.

2. Светотехнические характеристики: световой поток 5500-6500 люмен; цветовая температура 6400 К; цвет белый; угол излучения света 210°.

3. Эксплуатационные характеристики: габаритный размер 80x248 мм; срок службы 35000 часов; рабочая температура – 40 °С+80 °С.

Выполнение работы

Задание 1. *Снятие зависимостей электрических и светотехнических параметров ксеноновой лампы высокого давления*

1. Перед выполнением работы убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, электрическая схема собрана.

2. Откройте дверцу фотометрического блока и установите ксеноновую лампу. Запишите ее мощность и закройте дверцу.

3. Включите фотоприемник люксметра согласно прилагаемой инструкции и вставьте его в окно стенки фотометрического блока.

4. Поверните рукоятку автотрансформатора против часовой стрелки до упора.

5. Последовательно включите: блок питания - G1; блок мультиметров - «Сеть»; измеритель мощности - «Сеть».

6. Установите регулировочную рукоятку автотрансформатора напротив отметки 220 В и дождитесь загорания лампы.

7. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора с шагом 10 В от 220 В до значения, при котором лампа погаснет.

8. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра, амперметра, ваттметра, варметра, люксметра и пульсметра в таблицу 1.

Таблица 1

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	10
U, В									
I, А									
P, Вт									
Q, Вар									
E, лк									
K _п , %									

9. Отключите выключатели «Сеть» блоков, задействованных в эксперименте. Выключите люксметр.

10. Используя данные табл.1, вычислите для каждого напряжения: коэффициент мощности; световой поток и световую отдачу.

11. Занесите вычисленные значения в таблицу 2.

Таблица 2

U, В									
cosφ									
Φ, лм									
η, лм/Вт									

12. Постройте графики зависимостей: $I(U)$; $P(U)$; $Q(U)$; $K_p(U)$; $\cos\varphi(U)$; $\Phi(U)$; $\eta(U)$. По проделанному заданию сделать вывод.

Задание 2. *Снятие зависимости цветовой температуры ИЛЛ от приложенного напряжения*

1. Перед выполнением задания убедитесь, что стенд отключен от сети электропитания, отключены выключатели всех используемых блоков.

2. Откройте дверцу фотометрического блока и установите объектив спектроколориметра «ТКА-ВД»/02 перед ксеноновой лампой.

3. Повторите пункты 4 и 6 задания 1.

4. Уменьшайте напряжение на выходе автотрансформатора с шагом 10 В от 220 В до значения, при котором лампа погаснет.

5. Для каждого установленного напряжения занесите показания вольтметра и коррелированную цветовую температуру в таблицу

Таблица 3

U, В										
T _ц , К										

6. Отключите выключатели «Сеть» всех блоков, задействованных в эксперименте.

7. Постройте график зависимости $T_{ц}(U)$.

8. По выполненному заданию сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов состоит ксеноновая лампа ВД и какие функции они выполняют?

2. Приведите электрическую схему поджига ксеноновой лампы и объясните принцип ее действия.

3. Опишите механизм создания газоразрядной плазмы в ксеноновой лампе.

4. В чем состоят принципиальные отличия между трубчатыми, шаровыми и облучательными ксеноновыми лампами? Где они применяются?

5. Охарактеризуйте спектральный состав излучения ксеноновых ламп.

6. Что понимают под цветовой температурой и каков ее физический смысл?

7. Приведите достоинства и недостатки ксеноновых ламп.

Перечень использованных информационных ресурсов

1. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак, 2006.

2. Близнюк В.В., Гвоздев С.М. Квантовые источники излучения. М.: «ВИГМА», 2006.

3. Рохлин Г.Н. Газоразрядные источники света. М.: Энергоатомиздат, 1991.

4. Давыденко Ю.Н. Настольная книга домашнего электрика: люминесцентные лампы. СПб.: Наука и Техника, 2005.