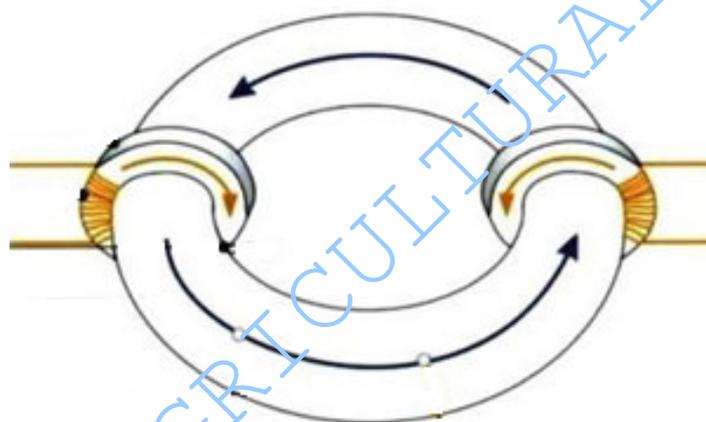


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

СВЕТОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ



Практикум

для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентов
обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия

Часть 1

Направленность (профиль) подготовки
Электрооборудование и электротехнологии

Казань, 2018

УДК 621.32
ББК 31.294

Практикум составлен Лукмановым Р.Р., Халиуллиным Д.Т., Дмитриевым А.В., Нафиковым И.Р., Хусаиновым Р.К.

Рецензенты:

Профессор кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений» Казанского государственного энергетического университета, д.т.н. А.И. Рудаков.

Доцент кафедры техносферной безопасности Казанского государственного аграрного университета, к.т.н. И.Н. Гаязиев

Рассмотрено и одобрено:

Решением заседания кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ (протокол № 8 от 26 апреля 2018 г.)

Решением методической комиссии ИМ и ТС Казанского ГАУ (протокол № 11 от 23 апреля 2018 г.)

Лукманов Р.Р., Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В., Нафиков И.Р., Хусаинов Р.К. Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине светотехника и электротехнологии. Ч.1 / Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017. – 44 с.

Выполнение лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Светотехника и электротехнологии» направлено на формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 – «Агроинженерия».

УДК 621.32
ББК 31.294

©ФГБОУ ВО«Казанский государственный аграрный университет», 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Требования безопасности труда	4
Лабораторная работа №1. Изучение источников теплового излучения.....	4
Лабораторная работа № 2. Устройство, принцип действия приборов для измерения освещённости и ультрафиолетового излучения и правила пользования.....	9
Лабораторная работа №3. Исследование электрических и светотехнических характеристик ламп накаливания	17
Лабораторная работа №4. Устройство, параметры и характеристики светодиодов и индукционных ламп.....	22
Лабораторная работа №5. Изучение ламп ДРЛ И ДНаТ, схемы их включения	31
Лабораторная работа №6. Изучение установок автоматического управления освещением	33
Задания для самостоятельной работы.....	38
Литература	42
Приложение 1	43
Приложение 2	44

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Студентам запрещается включать стенд без разрешения преподавателя. Любые изменения в схеме лабораторной работы разрешается проводить при снятом со стенда напряжении. При прекращении подачи тока или перерыве в работе стенд необходимо отсоединять от сети. При обнаружении каких-либо неисправностей в работе стенда выполнение лабораторной работы должно быть немедленно приостановлено. Студентам запрещается производить какой-либо ремонт электрооборудования стенда.

Запрещается прикасаться руками к проводам электропроводок схемы.

Во избежание временного ослепления присутствующих в лаборатории запрещается длительное время смотреть на действующие источники оптического излучения – газоразрядные лампы и лампы накаливания.

В целях предотвращения случайных ожогов запрещается прикасаться к источникам света после их отключения на стендах.

При необходимости замены лампы в лабораторной установке необходимо:

- обесточить патрон или контактные гнезда лампы;
- дождаться необходимого снижения температуры колбы лампы или пользоваться при ее замене предохранительными средствами – рукавицами, ветошью.

Студентам разрешается входить в лабораторию только с преподавателем или лаборантом. Студенты должны занимать рабочие места в соответствии с графиком выполнения лабораторных работ.

Окончив работу, показать полученные результаты преподавателю, привести в порядок рабочее место и только с разрешения преподавателя уйти из лаборатории.

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель работы: изучить устройства и принципы действия ламп накаливания и «светлых» источников инфракрасного излучения.

Лампы накаливания

Наиболее распространенными источниками оптического излучения являются лампы накаливания (ЛН). Это объясняется сравнительной простотой их конструкции и надежностью эксплуатации, возможностью непосредственного включения в сеть, отработанностью технологии производства, дешевизной, удобством в обращении и обслуживании, высокими гигиеническими свойствами по сравнению, например, с люминесцентной лампой благодаря отсутствию шума от ПРА и невозможности загрязнения парами ртути атмосферы помещений при разрушении колбы лампы.

Наряду с достоинствами ЛН имеют и ряд недостатков. Это прежде всего низкая световая отдача, составляющая 10–20 лм/Вт при продолжительности

горения 1000ч. Низкая световая отдача ЛН объясняется тем, что 70–76 % мощности излучения тела накала при его рабочих температурах лежит в ближней ИК-области спектра, в то время как на видимую часть приходится только от 7 до 13%. Таким образом, ЛН являются эффективными источниками ИК-излучения.

Несмотря на указанные недостатки ЛН будут ещё длительное время оставаться одним из широко распространенных источников света во многих областях, так как отсутствуют другие источники света, обладающие такими разнообразными возможностями.

Несмотря на многообразие типоразмеров ламп накаливания, отличающихся номинальным напряжением, назначением, мощностью и родом тока, все они объединены физическим принципом получения видимого излучения (нагрев электрическим током вольфрамовой нити до температуры 2200...2800⁰С) и сходством применяемых во всех конструкциях основных составляющих элементов.

Современная осветительная лампа накаливания состоит из следующих конструктивных элементов (рисунок 1.1).

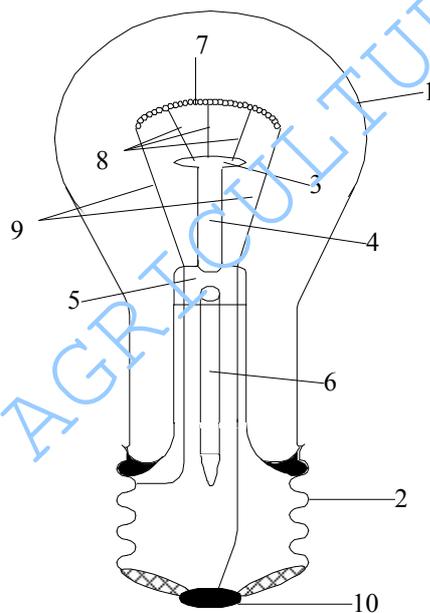


Рисунок 1.1 – Конструкция ЛН общего назначения

Стеклоанная колба (1) лампы специальной мастикой закреплена в цоколе (2). Диаметр колбы определяется мощностью лампы. Цоколь лампы предназначен для включения лампы в сеть.

Внутри колбы лампы расположена стеклянная ножка, состоящая из линзы (3), штабика (4) и лопаточки (5). Внутри стеклянной ножки имеется трубка (6), предназначенная для откачки воздуха из колбы и заполнения её инертным газом. Штабик посредством утолщения (лопаточки) в нижней части крепится к колбе.

Тело накала (7) лампы изготавливается из вольфрамовой проволоки в виде спирали или биспирали. Нить накала закреплена на молибденовых крючках (8), которые придают определенную форму телу накала и препятствуют его провисанию. Для подачи напряжения на тело накала применены специальные электроды (9), изготовленные из высоколегированной никелевой стали или из никеля. Один из электродов присоединен к цоколю (2), а второй – к контактной шайбе (10), электрически изолированной от цоколя.

Для освещения изготавливают лампы накаливания в вакуумном и газонаполненном исполнении мощностью 15; 25; 40; 60; 100; 150; 200; 300; 500; 750; 1000; 1500 Вт и более на номинальное напряжение 220...235, 220, 127...135, 127...36, 24 В и менее.

У вакуумных ламп из колбы откачан воздух до разряжения $1,33 \cdot 10^{-3}$ Па. Такие лампы выпускают мощностью до 25 Вт, обозначение ламп по ГОСТ 2239-70 включают букву “В” (вакуумная), после буквы следуют цифры, указывающие номинальное напряжение питания и мощность. Например, лампу накаливания вакуумную на номинальное напряжение 220 В мощностью 25 Вт обозначают так: В220-25.

У газонаполненных ламп, колбу после откачки воздуха наполняют смесью аргона или криптона (86%) с азотом (14%) до давления, близкого к атмосферному. Такое решение позволяет повысить температуру нити накаливания до 2600...2700°С и увеличить в сравнении с вакуумными лампами световую отдачу в полтора раза. Газонаполненные лампы изготавливают мощностью от 40 до 1500 Вт, причем в зависимости от типа наполнителя, мощности и особенностей конструкции спирали их подразделяют на три группы: газонаполненные моноспиральные Г (150...1500Вт); газонаполненные биспиральные Б (40...200Вт); и газонаполненные с криптоновым наполнителем БК (40...100 Вт).

Лампы накаливания отличаются друг от друга электрическими, светотехническими и эксплуатационными характеристиками. Основная светотехническая характеристика ламп накаливания – излучаемый ими световой поток Φ_c , лм. Световой поток лампы накаливания зависит от электрической мощности, питающего напряжения и температуры нити накала. Нормированный в каталогах световой поток лампы накаливания должна излучать при её включении на номинальное напряжение в первые часы работы, при этом ГОСТ предусматривает отклонения нормируемого светового потока однотипных ламп на 5...10%. в процессе эксплуатации её световой поток из-за распыления тела накала, уменьшения её рабочей температуры и прозрачности колбы снижается. ГОСТ для ламп, проработавших 75% своего номинального срока службы, допускает уменьшение светового потока на 15...20%.

Эксплуатационными характеристиками, определяющие экономические показатели работы ламп накаливания, являются световая отдача и срок службы.

Световая отдача лампы η_c , лм/Вт, определяется отношением светового потока Φ_c , излучаемого лампой, к потребляемой мощности P_n

$$\eta_c = \frac{\Phi_c}{P_{л}}. \quad (1.1)$$

Световая отдача ламп накаливания находится в пределах 7...20 лм/Вт.

Различают четыре срока службы ламп накаливания:

- полный срок службы t_n – суммарное время работы лампы в часах от момента включения до перегорания нити накала;
- средний срок службы t_c – средняя продолжительность горения; определяется как среднеарифметическое время полных сроков службы партий (не менее десяти) ламп. Этот срок службы указывают на стандартах и для ламп накаливания он равен 1000 часов;
- гарантийный срок службы t_r – время, в течение которого завод гарантирует нормальную работу лампы. Для ламп накаливания t_r равен 700 часов;
- полезный срок службы t_3 время, в течение которого экономически целесообразно эксплуатировать лампу. Принято считать, что t_3 определяется временем, в течение которого световой поток изменится не более, чем на 20% от своего начального значения.

Отклонение питающего напряжения от своего номинального значения существенно влияет на характеристики ламп накаливания. С ростом напряжения U на лампе резко увеличивается сила тока I , мощность P , световой поток Φ_c и световая отдача η_c , но уменьшается средний срок службы.

При небольших отклонениях напряжения в сети (до +7,5%) можно приближенно считать, что отклонение напряжения на 1% дает отклонение $\Phi_c \pm 2,7\%$, а среднюю продолжительность горения на $\pm 14\%$.

По известным параметрам можно определить:

- мощность лампы, $P_{л}$:

$$P_{л} = U_{л} I; \quad (1.2)$$

где $U_{л}$ – напряжение на лампе, В;

I – сила тока, А;

- сопротивление нити накала в горячем состоянии:

$$R_{г} = \frac{U_{л}}{I}, \quad (1.3)$$

- световой поток лампы (приближенно):

$$\Phi_c = 2\pi \cdot E \cdot L^2, \quad (1.4)$$

где L – расстояние от тела накала до контрольной точки, м;

- световую отдачу лампы (1.1).

Источники инфракрасного излучения

В сельскохозяйственном производстве для сушки лакокрасочных покрытий, сельскохозяйственной продукции, обогрева молодняка животных и птицы все более широкое применение находят источники инфракрасного (ИК) излучения. Специфической особенностью ИК излучения является его тепловое действие и хорошая проникающая способность.

Источники ИК излучения подразделяются на “светлые” и “темные” и отличаются друг от друга конструкцией, температурой тела накала и спектральным составом излучения. Преимущественное применение в животноводстве и птицеводстве получили высокотемпературные “светлые” источники лампы-термоизлучатели.

ИК зеркальные лампы накаливания отличаются от обычных осветительных ламп формой колбы и более низкой температурой тела накала. Относительно низкая температура биспирального тела накала ИК-ламп (1800...2300 °С) позволяет сместить спектр излучения источника в ИК область и резко увеличить их среднюю продолжительность горения, доведя её до 5000 часов.

Внутреннюю часть колбы ИК ламп, прилегающую к цоколю, покрывают зеркальным слоем, что позволяет перераспределить и концентрировать в заданном направлении излучаемый лучистый поток. Распределение потока излучения зависит от формы параболической колбы лампы. Для снижения интенсивности видимого излучения нижнюю часть колбы некоторых ИК ламп закрывают красным (лампы ИКЗК) или синим (лампы ИКЗС) термостойким лаком.

Отечественной промышленностью выпускаются специальные электрические ИК зеркальные лампы – термоизлучатели типов ИКЗ220-500, ИКЗ220-500-1, ИКЗ220-250, ИКЗК 220-250 и др. В обозначении типа лампы буквы указывают: ИК – инфракрасные, З – зеркальные, К или С – цвет окрашенной колбы; цифры, стоящие после букв – напряжение в сети в вольтах и мощность источника излучения в ваттах. Лампа ИКЗ220-500-1 имеет уменьшенные габаритные размеры – такие же, как и у лампы, мощностью 250 Вт.

Перспективным источником ИК лучей для сельскохозяйственного производства являются кварцевые лампы накаливания с йодным циклом типа КИ и КГ. Эти лампы называются галогенными.

Сущность действия йода заключается в следующем. При температуре 300...1200°С пары йода соединяются у стенки колбы с оторвавшимися от спирали частицами вольфрама и образуют йодид вольфрама WI_2 , концентрация которого у стенок колбы повышается. Под действием диффузии иодид вольфрама перемещается к центру колбы.

Вблизи тела накала при температуре 1400...1600°С молекулы йодида вольфрама распадаются и атомы вольфрама оседают на теле накала. Оставшийся йод вновь участвует в возвратном цикле и препятствует осаждению испарившегося вольфрама на колбе.

Применение вольфрамо-йодного цикла в таких лампах позволило повысить удельную плотность излучения и обеспечить стабильность лучистого потока на протяжении всего срока службы. К достоинствам ламп следует отнести малые габаритные размеры, способность выдерживать длительные и большие перегрузки по напряжению, возможность плавного регулирования в широких пределах излучаемого ИК потока путем изменения подводимого напряжения.

ИК лампы типа КИ и КГ представляют собой цилиндрическую трубку диаметром 8...12 мм и длиной 255...750 мм (в зависимости от номинальной мощности). Тело накала лампы выполнено в виде вольфрамовой спирали, смонтированной по оси трубки на вольфрамовой поддержке. Ввод в лампу выполнен посредством молибденовых электродов, впаянных в кварцевые ножки. Концы спиралей тела накала накручены на внутреннюю часть вводов. Цоколи выполнены из никелевой ленты со швом, в которой введены наружные молибденовые выводы. Трубку изготавливают из кварцевого стекла и наполняют аргоном с содержанием 1...2 мг йода под давлением 0,8...1,0 Па. Добавление в колбу йода позволяет уменьшить распыление вольфрама и тем самым увеличить срок службы лампы.

Лампы работают только в горизонтальном положении (угол допустимого отклонения не более 4°). Температура кварцевой колбы не должна превышать 300...350 °С, т.к. при более высоких температурах кварцевое стекло разрушается или претерпевает необратимые изменения, в результате которых уменьшается коэффициент пропускания ИК лучей.

Порядок выполнения лабораторной работы и оформления отчета

1. Руководствуясь настоящим практикумом, плакатами, советами преподавателя следует изучить устройство и принцип работы ламп накаливания и инфракрасных ламп.

2. Провести анализ изученных ламп различных марок и выявить недостатки или достоинства той или иной конструкции.

3. Вычертить схемы изучаемых ламп.

4. Составить отчет о выполненной работе.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите об устройстве ламп накаливания.

2. На чем основан принцип работы ламп накаливания?

3. Укажите мероприятия, снижающие распыление ламп накала.

4. Укажите основные причины снижения светового потока лампы накаливания к концу её срока службы.

5. Дайте физическое толкование причин сокращения срока службы лампы накаливания при увеличении напряжения питания.

6. Перечислите особенности устройства и основные характеристики ИК ламп накаливания.

7. Объясните устройство и принцип действия лампы с вольфрамо-йодным циклом типа КИ.

8. Назовите особенности воздействия ИК излучения на организм животных и птицы.

9. Назовите величины и единицы измерения, применяемые для оценки ИК лучей.

Лабораторная работа №2

УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСВЕЩЁННОСТИ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ

Цель работы: Ознакомиться с устройством, принципом действия люксметров и УФ-радиометров.

ЛЮКСМЕТР Ю116

Люксметр Ю116 предназначен (рисунок 2.1) для измерения освещённости, создаваемой лампами накаливания, люминесцентными лампами и естественным светом, источники которого произвольно расположены относительно светоприёмника люксметра и применяется для контроля освещенности в промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте и других областях народного хозяйства, а так же для исследований, проводимых в научных, конструкторских и проектных организациях.

Люксметр состоит из измерителя люксметра и отдельного фотоэлемента с насадками. Принцип действия прибора основан на явлении фотоэффекта в замкнутой цепи, состоящей из фотоэлемента и магнитоэлектрического измерителя. Величина тока, отклоняющая подвижную часть измерителя, пропорциональна освещенности на рабочей поверхности фотоэлемента.

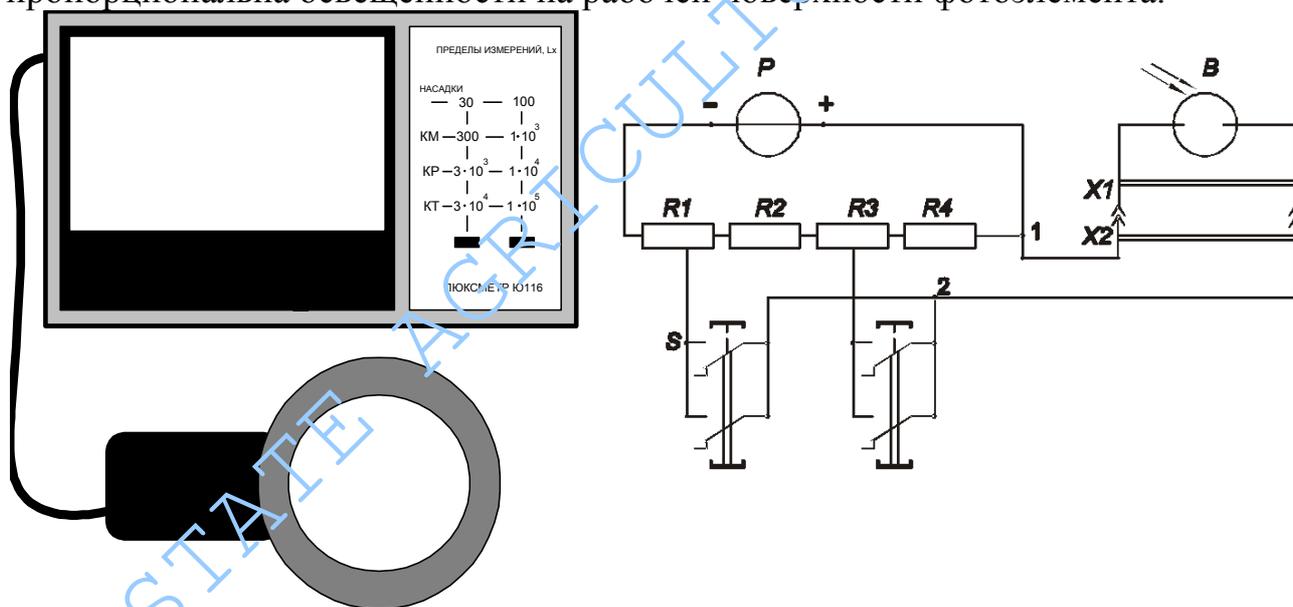


Рисунок 2.1 – Внешний вид и принципиальная электрическая схема люксметра Ю116

Измеритель люксметра представляет собой стрелочный прибор с подвижной частью на растяжках. Принцип действия измерителя основан на взаимодействии магнитного потока в воздушном зазоре, создаваемого постоянным магнитом и фототоком, протекающем в обмотке подвижной рамки. В результате этого взаимодействия возникает вращающий момент, отклоняющий подвижную часть прибора. Для увеличения чувствительности

прибора подвижная часть укреплена на растяжках, через которые также подводится электрический ток к рамке.

Угол поворота рамки зависит от величины силы тока, протекающего по обмотке рамки, и противодействующего момента растяжек. Так как противодействующий момент, создаваемый растяжками, пропорционален фототоку, то отклонение подвижной части будет пропорционально величине силы тока, протекающего по обмотке рамки. Успокоение движения подвижной части будет пропорционально величине силы тока, протекающего по обмотке рамки. Успокоение движения части осуществляется тормозными токами, возникающими в обмотке рамки при перемещении в магнитное поле постоянного магнита.

На передней панели измерителя имеются кнопки переключателя и табличка со схемой, связывающей действие кнопок и используемых насадок с диапазонами измерений, приведенных в таблице 2.1. Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприёмными устройствами ультрафиолетового излучения в электрический сигнал.

Таблица 2.1 – Диапазоны измерений

основной	Диапазон измерений, I_x		
	не основной		с насадками
	КМ	КР	
без насадок, с открытым фотоэлементом			КТ
5-30	50-300	500-3000	5000-30000
20-100	200-1000	2000-10000	20000-100000

Примечание: КМ, КР, КТ – условные обозначения совместно применяемых насадок для создания общего номинального коэффициента ослабления 10, 100, 1000 соответственно.

Прибор имеет две шкалы: 0-100 и 0-30. На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале 0-100 точка находится над отметкой 20, на шкале 0-30 точка находится над отметкой 5. Прибор имеет корректор для установки стрелки в нулевое положение.

Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего внутреннюю сторону. Эта насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Каждая из этих трёх насадок совместно с насадками К образуют три поглотителя с общим коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяется для расширения диапазонов измерений.

Порядок отсчета измерения освещенности следующий: против каждой кнопки определяют выбранное с помощью насадок (или без насадок) наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатой правой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений кратные 10, следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0-100. При нажатой

левой кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений кратные 30, следует пользоваться шкалой 0-30. Показания приборов в деления по соответствующей шкале умножить на коэффициент ослабления, зависящий от применяемых насадок.

Например, на фотоэлементе установлены насадки КР, нажата левая кнопка, стрелка показывает 10 делений по шкале 0-30. Измеряемая освещенность равна $10 \cdot 100 = 1000$ лк.

Если при насадках КМ и нажатой левой кнопке стрелка не доходит до 5 делений по шкале 0-30, измерения производятся без насадок, т.е. открытым фотоэлементом.

При определении освещенности фотоэлемент устанавливается горизонтально на рабочих местах, а отсчёт по измерителю, также расположенному горизонтально, производится на некотором расстоянии от фотоэлемента, чтобы тень оси проводящего измерения не попадала на фотоэлемент.

ЦИФРОВОЙ ФОТОМЕТР (люксметр-яркомер) мод. «ТКА-04/3»

Люксметр-яркомер мод. «ТКА-04/3» (далее – прибор) предназначен для:

– измерения освещённости в видимой области спектра, создаваемой искусственными или естественными источниками, расположенными произвольно относительно приёмника, в люксах;

– измерения яркости накладным методом ТВ-кинескопов, дисплейных экранов и самосветящихся протяжённых объектов в $\text{кд}/\text{м}^2$.

Прибор может быть использован:

– для проведения санитарных световых обследований рабочих мест производственных помещений;

– для проведения санитарных световых обследований рабочих мест с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами на соответствие требованиям санитарных правил и норм СанПиН 2.2.2.542-96

Прибор также может быть использован в других областях науки и техники для измерения освещенности и яркости.

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприёмными устройствами оптического излучения в числовые значения освещенности (лк) и яркости ($\text{кд}/\text{м}^2$).

Основные технические и метрологические характеристики:

Диапазоны измерения:

– освещённости 10–200 000 лк,

– яркости 10–200 000 $\text{кд}/\text{м}^2$.

Пределы измерений:

1) 2 000 (лк, $\text{кд}/\text{м}^2$),

2) 20 000 (лк, $\text{кд}/\text{м}^2$),

3) 200 000 (лк, $\text{кд}/\text{м}^2$).

Переключение пределов производится вручную.

Конструктивно прибор (рисунок 2.2) состоит из двух функциональных блоков: фотометрической головки и блока обработки сигнала, связанных между собой многожильным кабелем. В фотометрической головке расположены фотоприёмные устройства для регистрации излучения. На измерительном блоке расположен переключатель режима работы и жидкокристаллический индикатор.

На задней стенке фотометрической головки расположен батарейный отсек. Перед началом измерений необходимо убедиться в работоспособности элементов питания. Если при любом из выбранных режимов измерений в поле индикатора появится символ, индицирующий разряд батареи, то необходимо произвести замену элемента питания.

Включение прибора и выбор режима измерения производится путём установки переключателя в соответствующее положение.

При измерениях яркости более 2000 лк необходимо перевести переключатель в положение « $\times 10$ », при этом показания прибора необходимо умножить на 10. При измерениях яркости более 20 000 д/м² и освещённости более 20 000 лк необходимо перевести переключатель в положение « $\times 100$ », при этом показания прибора необходимо умножить на 100.

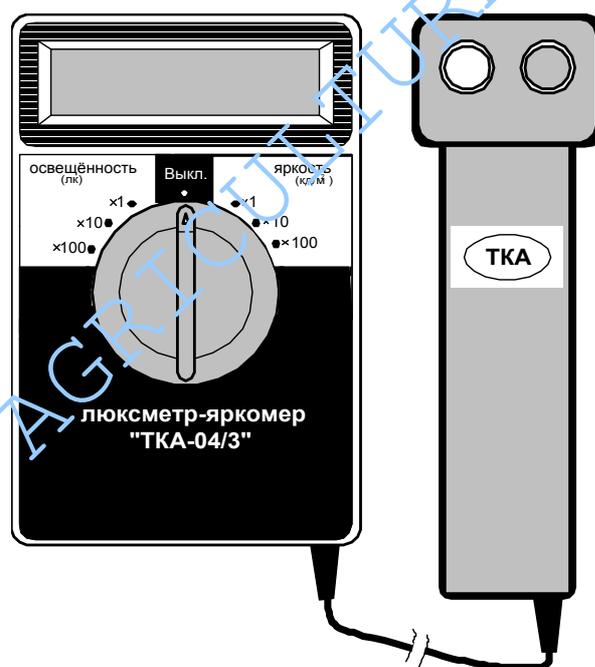


Рисунок 2.2 – Внешний вид цифрового фотометра (люксметра-яркомера) мод. «ТКА-04/3»

Перед измерением малых значений (менее 100 единиц младшего разряда) следует определить темновую ошибку прибора при закрытом входном окне, которую затем необходимо вычитать из измеренной величины.

Измерение освещённости (режим люксметра):

1. Необходимо расположить фотометрическую головку прибора параллельно плоскости измеряемого объекта. На окна фотоприёмников не должна падать тень от оператора, производящего измерения, а также тень от

временно находящихся посторонних предметов.

2. Включить прибор в режим работы «ОСВЕЩЁННОСТЬ» и считать с цифрового индикатора измеренное значение освещённости.

Измерение яркости (режим «яркомера»):

1. При измерении яркости протяжённых объектов необходимо расположить фотометрическую головку прибора параллельно измеряемой плоскости на расстоянии 1-4 мм. Входные окна фотоприёмников должны быть обращены по направлению к измеряемой поверхности.

2. При измерении яркости экранов видеодисплеев терминалов и экранов мониторов персональных ЭВМ расположить фотометрическую головку прибора параллельно плоскости экрана на расстоянии 1-4 мм. Входные окна фотоприёмников должны быть обращены по направлению к плоскости экрана, при этом диаметр измеряемой площадки не превышает 7-9 мм.

3. Включить прибор в режим работы «ЯРКОСТЬ» и считать с цифрового индикатора измеренное значение яркости.

УФ–Радиометр «ТКА – АБС»

УФ–Радиометр «ТКА – АБС» предназначен для измерения энергетической освещённости, создаваемой:

–в спектральном диапазоне УФ-А (315–400 нм) источниками УФ излучения за исключением газоразрядных ртутных ламп без люминофоров;

–в спектральном диапазоне УФ-В (280–315 нм) источниками УФ излучения за исключением газоразрядных ртутных ламп с люминофорами типа «А», а также естественных источников излучения;

–в спектральном диапазоне УФ-С (200–280 нм) газоразрядными ртутными лампами высокого и низкого давления без люминофоров.

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприёмными устройствами ультрафиолетового излучения в электрический сигнал с последующей цифровой индикацией числовых значений энергетической освещённости в мВт/м².

Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: измерительной головки и блока обработки сигнала (рисунок 2.3), связанных между собой гибким многожильным кабелем.

На измерительном блоке расположены органы управления режимами работы и жидкокристаллический индикатор.

Переходы на различные энергетические диапазоны осуществляется вручную.

Порядок работы:

1. Включить прибор. Выбрать необходимый режим работы с помощью переключателей.

2. Расположить фотометрическую головку прибора параллельно плоскости измеряемого объекта. На окна фотоприёмников не должна падать тень от оператора, производящего измерения, а также тень от временно находящихся посторонних предметов.

3. Считать с цифрового индикатора измеренное значение энергетической освещённости.

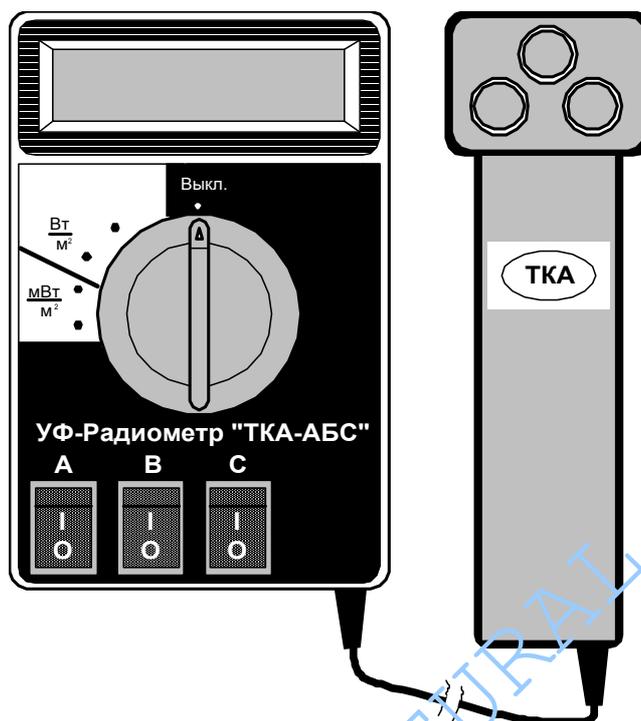


Рисунок 2.3 – Внешний вид УФ-Радиометра «ТКА – АБС»

Фитофотометр ФФМ-71

Предназначен для измерения фитооблученности, создаваемой искусственными источниками излучения.

Первичный преобразователь фитофотометра состоит из трех фоторезисторов с корректирующими фильтрами, закрытых стеклянным полусферическим колпаком с матовой внутренней поверхностью. Спектральная чувствительность фильтров и фоторезисторов подобрана таким образом, что при суммарном взаимодействии спектральная чувствительность первичного преобразователя приближена к спектральной чувствительности зеленого листа растения, а полусферический колпак максимально уменьшает его угловую погрешность.

На лицевой панели фитофотометра расположены измерительный прибор, переключатель пределов измерений, клавиши включения прибора и режима калибровки, ручки потенциометров «Калибровка» и «Напряжение осветителя». Рядом в специальном отсеке находится гнездо для калибровки прибора, внутри которого расположен источник света.

Допустимый диапазон измерения фитофотометра $0-300 \text{ фт} \cdot \text{м}^{-2}$ разделен на пять поддиапазонов: $0-3$; $0-10$; $0-30$; $0-100$ и $0-300 \text{ фт} \cdot \text{м}^{-2}$. Выбор требуемого поддиапазона осуществляется с помощью переключателя пределов измерений. Погрешность измерений в любом поддиапазоне не превышает 15 %.

Для настройки и калибровки необходимо включить прибор нажатием клавиши «Вкл.», вставить измерительную головку в гнездо в корпусе, нажать

клавишу «Контроль» и ручкой потенциометра «Напряжение осветителя» установить стрелку измерительного прибора на зеленую риску шкалы. Вновь нажать клавишу «Контроль» до возврата ее в исходное положение. Нажать клавишу переключателя «Пределы измерения», соответствующую делению «3», и ручкой потенциометра «Калибровка» установить стрелку измерительного прибора на красную риску. Вынуть из корпуса прибора измерительную головку и укрепить ее в держателе. После чего прибор готов к работе.

Порядок выполнения лабораторной работы и оформления отчета

1. Руководствуясь настоящим практикумом, плакатами, советами преподавателя следует изучить устройство и принцип работы приборов.
2. Провести анализ изученных приборов.
3. Вычертить схемы изучаемых приборов.
4. Составить отчет о выполненной работе.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначен люксметр?
2. Из чего состоит люксметр Ю116?
3. Для чего в комплект люксметра Ю116 входят нейтральные фильтры?
4. Для чего предназначен люксметр-яркомер «ТКА-04/3».
5. Каково назначение УФ-Радиометра «ТКА – АБС»?
6. Объясните порядок работы с люксметром Ю116.
7. Назначение фитофотометра типа ФФМ-71?

Лабораторная работа №3

Исследование электрических и светотехнических характеристик ламп накаливания

Цель работы: изучить принцип действия ламп накаливания и исследовать их электрические и светотехнические характеристики.

Основные теоретические сведения

Лампы накаливания относятся к тепловым источникам оптического излучения. Принцип действия осветительных и инфракрасных ламп накаливания основан на преобразовании тепловой энергии в энергию оптического излучения. При подаче напряжения на тело накала в нем создается электрическое поле, которое увеличивает скорость движения свободных электронов. Разогнавшиеся электроны, встречаясь с атомами кристаллической решетки, отдают им часть своей энергии. В результате ударов возрастает температура — мера средней кинетической энергии атомов и молекул. В результате поглощения энергии атомы и молекулы переходят в возбужденное состояние, при котором валентные электроны переходят на более высокие энергетические уровни.

При возвращении в исходное состояние атом излучает излишек энергии в виде кванта, при этом чем больше возбуждение атома, тем больше энергия излучения и короче длина волны.

Энергетическая плотность излучения тела накала, Вт/м², определяется законом Стефана-Больцмана:

$$M = \varepsilon \cdot \delta \cdot T^4, \quad (3.1)$$

где ε – интегральный коэффициент степени черноты вольфрама;

δ – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м²·К);

T – температура тела накала, К.

Распределение плотности излучения по длинам волн, Вт/м², описывается законом Планка:

$$m(\lambda, T) = \frac{C_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1}, \quad (3.2)$$

где C_1 и C_2 – постоянные коэффициенты ($C_1 = 3,472 \cdot 10^{-16}$ Вт/м²; $C_2 = 1,439 \cdot 10^{-2}$ м·К).

Чем выше температура, тем меньше длина волны, мкм, при которой наблюдается максимум спектральной плотности излучения (закон смещения Вина):

$$\lambda_{\max} = \frac{2896}{T}, \quad (3.3)$$

где T – температура тела накала, К.

Интегральный поток излучения Φ можно определить по закону Стефана-Больцмана с учетом площади тела излучения, Вт:

$$\Phi = \varepsilon \cdot \delta \cdot T^4 \cdot s, \quad (3.4)$$

где s – условная площадь излучения тела накала, м².

Активный поток – поток, находящийся в зоне чувствительности глаза человека, ограниченного длинами волн $\lambda_1 = 380$ нм и $\lambda_2 = 760$ нм, рассчитывают, пользуясь табличными значениями функции Планка. С их учетом активный поток Φ_a вычисляется как разность потоков в диапазоне длин волн от 0 до λ_1 и от 0 до λ_2 .

$$\Phi_a = \frac{\Phi}{\varepsilon} \varepsilon_{cp} [y(\lambda'_2) - y(\lambda'_1)], \quad (3.5)$$

где ε_{cp} – средний коэффициент степени черноты в видимой зоне;

$y(\lambda'_2)$ – доля потока излучения, заключенная в зоне с относительными длинами волн от 0 до λ_2 :

$$\lambda'_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_{\max}}, \quad (3.6)$$

где $y(\lambda'_1)$ – доля потока излучения, заключенная в зоне с относительными длинами волн от 0 до λ_1 :

$$\lambda'_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_{\max}}. \quad (3.7)$$

Значения λ , ε , $y(\lambda')$ находят соответственно по таблицам 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Степень черноты вольфрама

T	3200	3000	2900	2800	2700	2600	2400	2200	2000
ε	0,356	0,347	0,341	0,334	0,328	0,320	0,304	0,285	0,264
ε_{cp}	0,429	0,433	0,433	0,434	0,436	0,437	0,440	0,443	0,446

Таблица 3.2 – Значение $y(\lambda')$

λ'	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46
$y(\lambda') \cdot 10^{-4}$	1,28	5,17	9,21	15,4	24,3	36,6	53,0
λ'	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
$y(\lambda') \cdot 10^{-2}$	8,07	9,08	10,14	11,23	12,37	13,55	14,75

Чтобы увеличить светоотдачу и КПД ламп накаливания, необходимо увеличить температуру тела накала. При этом происходит смещение максимума спектральной плотности излучения из длинноволновой части инфракрасного излучения в коротковолновую, и тем самым возрастает доля потока излучения, находящаяся в видимой зоне. Вместе с этим возрастает и распыление тела накала. Снижение распыления достигается введением йода в колбу лампы, а колбу лампы выполняют из кварцевого стекла, выдерживающего высокие температуры без потери прозрачности.

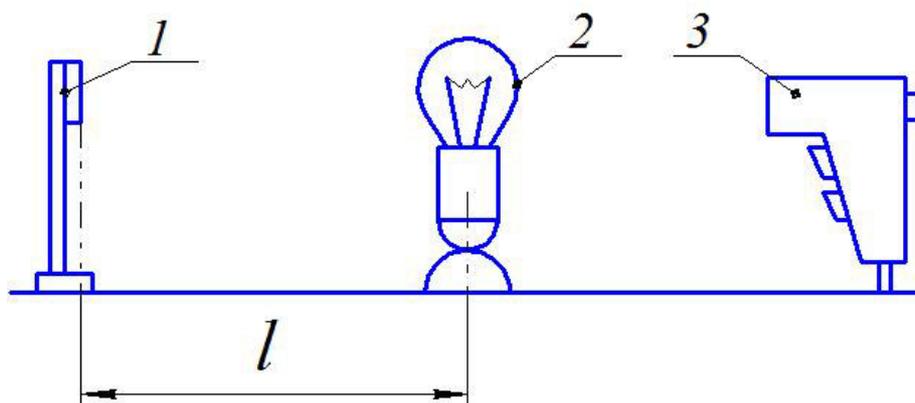
Галогенный цикл включает испарение вольфрама из спирали, движение его к стенке колбы и соединение с йодом при температуре 600-1450 К, возвращение йодида вольфрама к спирали, разложение его на исходные элементы при температуре около спирали более 1500 К и осаждение вольфрама на спираль.

Программа работы

1. Изучить конструкцию лампы.
2. Освоить методику измерения и установить зависимость тока, мощности, сопротивления, температуры тела накала, светового потока и освещенности, создаваемой лампой, от напряжения питания лампы.
3. Определить длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности излучения при различных напряжениях сети.
4. Определить значение светоотдачи и светового КПД лампы.
5. Определить интегральный, активный поток и энергетический КПД лампы.
6. Сравнить результаты исследования с паспортными данными лампы.

Методика выполнения работы

1. Освоение методики измерения и установления характеристик лампы провести на лабораторном стенде (рисунок 3.1), который состоит из патрона с исследуемой лампой 2, визуального пирометра 3 и фотоэлемента 1.



1 – фотоэлемент; 2 – исследуемая лампа накаливания; 3 – пирометр
Рисунок 3.1 – Лабораторный стенд для исследования лампы накаливания

Электрическая схема стенда, изображенная на рисунке 3.2, включает в себя: блок питания, состоящий из автоматического выключателя QF, автотрансформатора TV; блок измерения электрических параметров, состоящий из вольтметра PV, амперметра PA и ваттметра PW; патрон с исследуемой лампой; блок измерения температуры, состоящий из визуального пирометра; блок измерения светового излучения.

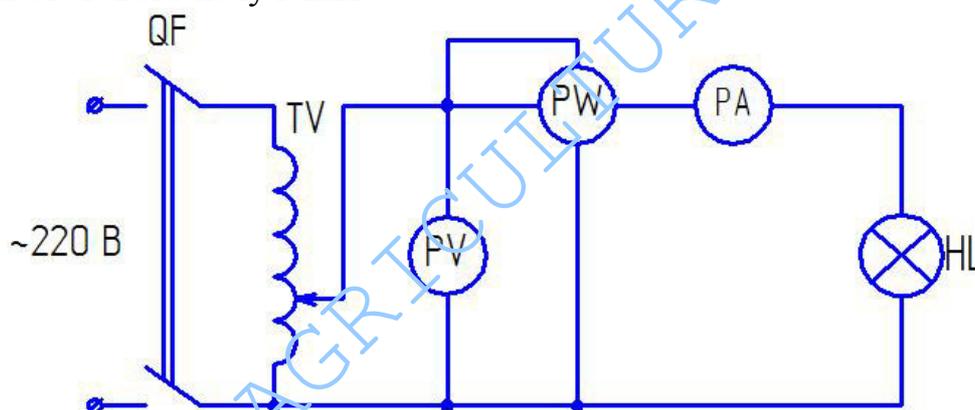


Рисунок 3.2 – Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда для исследования лампы накаливания

Экспериментальные исследования сводятся к регистрации тока, мощности, температуры тела накала лампы и создаваемой ею освещенности при изменении напряжения питания.

Расчет характеристик лампы нужно выполнять в нижеследующей последовательности.

1. Замерить омметром сопротивление спирали в холодном состоянии R_0 .
2. Определить световой поток Φ_c , лм, по формуле

$$\Phi_c = 4\pi \cdot E \cdot l^2, \quad (3.8)$$

где E – освещенность фотоэлемента, лк;

l – расстояние от лампы до фотоэлемента, м.

3. Найти сопротивление тела накала, Ом:

$$R = \frac{U}{I}. \quad (3.9)$$

4. Определить светоотдачу, лм/Вт:

$$H_c = \frac{\Phi_c}{P}. \quad (3.10)$$

5. Вычислить световой КПД, %:

$$\eta = \frac{\Phi_c}{P_{680}} \cdot 100. \quad (3.11)$$

6. Рассчитать интегральный поток излучения по формуле (3.4).

7. Вычислить активный поток излучения по формуле (3.5).

8. Рассчитать энергетический КПД, %:

$$\eta_{\varepsilon} = \frac{\Phi_a}{\Phi}. \quad (3.12)$$

9. Определить длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности излучения, по формуле (3.3).

10. Рассчитать срок службы лампы, %:

$$\tau = \tau_n \left(\frac{U}{U_n} \right)^{-14}. \quad (3.13)$$

где τ_n — номинальный срок службы лампы, ч;

U_n — номинальное напряжение, В.

11. Сравнить сопротивление тела накала в холодном и нагретом состояниях.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с измерительным стендом и его электрической схемой.
2. Используя приложение 1 заполнить таблицы 3.3 и 3.4.
3. Определить тип лампы по геометрическим размерам с помощью таблицы, имеющейся на измерительном стенде.
4. Измерить сопротивление нити в холодном состоянии.
5. Вернуть лампу в патрон и подать на нее номинальное напряжение.
6. Установить визуальный пирометр так, чтобы была видна спираль лампы накаливания, и навести на ее резкое изображение.
7. Измерить расстояние l между лампой и фотоэлементом.
8. Установить напряжение питания 240 В и снять все показания приборов. Результаты занести в таблицу 3.5. Аналогично измерить все необходимые параметры для других напряжений.
9. Экспериментальные данные показать преподавателю.
10. Произвести вычисление характеристик ламп.

Таблица 3.3 – Технические характеристики исследуемых ламп

Тип лампы	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм	Примечания

Таблица 3.4 – Технические характеристики приборов, используемых в работе

Наименование прибора	Тип	Пределы измерения	Род тока	Класс точности	Примечания

Таблица 3.5 – Результаты экспериментальных и расчетных исследований

Напряжение $U, В$	Измерено				Вычислено				
	ток $I, А$	мощность $P, Вт$	температура $T, К$	освещенность $E, лк$	сопротивление $R, Ом$	световой поток Φ , лм	световой КПД $\eta, \%$	длина волны λ_{max} , нм	срок службы $t, ч$
180									
200									
220									
240									
...									

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Паспортные данные лампы.
3. Технические данные приборов и оборудования.
4. Электрическая принципиальная схема лабораторного стенда.
5. Методика и примеры расчета сопротивления, светового, интегрального и активного потоков, светового и энергетического КПД, светотдачи и срока службы.
6. Графическая зависимость тока, мощности, сопротивления, светотдачи, срока службы и светового КПД от напряжения сети.
7. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Укажите основные причины снижения светового потока лампы накаливания.
2. Укажите мероприятия, снижающие распыление тела накаливания.
3. Почему светотдача и световой КПД лампы с увеличением напряжения питающей сети возрастает?
4. Объясните, почему лампы с биспиралью имеют более высокую светотдачу.
5. Как электрическая энергия в лампе накаливания преобразуется в световую?
6. Почему тело накала нагревается при прохождении по нему электрического тока?
7. Почему λ_{max} уменьшается при увеличении напряжения сети?
8. Каков принцип действия лампы накаливания?

Лабораторная работа № 4

УСТРОЙСТВО, ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОДИОДОВ И ИНДУКЦИОННЫХ ЛАМП

Цель работы:

1. Исследовать конструкции светодиодной лампы
2. Изучить различные схемы включения светодиодных ламп.
3. Исследовать конструкции индукционных ламп.

Светодиодные лампы

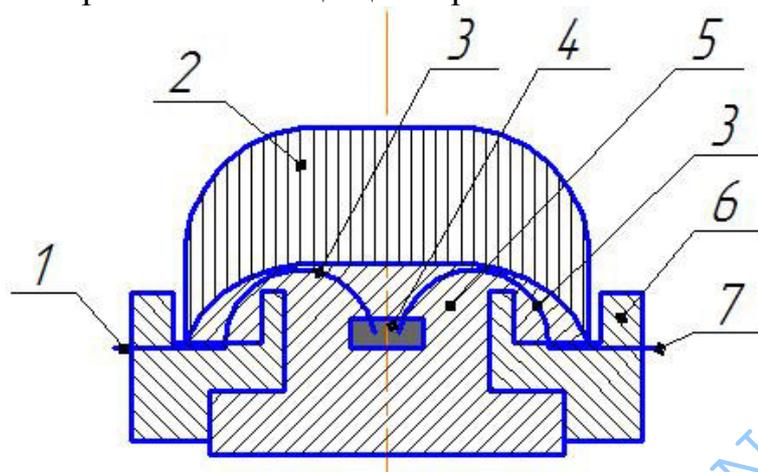
С каждым годом традиционные разновидности ламп все больше и больше уступают в своих качествах полупроводниковым источникам света. Конечно же, наибольшим превосходством светодиоды обладают над лампами накаливания. Наиболее часто производителями обещается продолжительность «жизни», достигающая 50 000 и 100 000 часов, но эти цифры являются пока не проверенными на практике расчетами. К тому же, нередко на рынке полупроводниковых устройств встречаются некачественные приборы и могут выходить из строя быстрее даже ламп накаливания.

Светодиоды (светоизлучающие диоды) – полупроводниковые приборы с р-п-переходом, излучающие некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Их принцип действия основан на физическом явлении возникновения видимого излучения при прохождении электрического тока через р-п-переход и рекомбинации носителей противоположного знака (дырок и электронов, соответственно в областях р и n) в случае инжекции последних извне. Если приложить к р-п-переходу постоянное напряжение в прямом направлении (плюсом к контакту р, а минусом – к n), через светодиод потечет ток. При прохождении электронов через активную зону р-п-перехода электроны рекомбинируют с дырками, в результате чего выделяются фотоны оптического излучения.

Цвет свечения светодиода определяется типом используемых полупроводниковых материалов и легирующих примесей, образующих р-п-переход. Например, светодиоды, изготовленные из арсенида галлия (GaAs) или алюминия галлия арсенида (AlGaAs), излучают в инфракрасной части спектра. Красный цвет излучают светодиоды из галлия арсенид-фосфида (GaAsP), зеленый – индия-галлия нитрида (InGaN), голубой – селенида цинка (ZnSe), фиолетовый – индия-галлия нитрида (InGaN), ультрафиолетовый – нитридов алюминия (AlN), алюминия-галлия (AlGaN) или алюминия-галлия-индия (AlGaInN). Кроме того, если к кристаллу, вызывающему голубое (синее) или ультрафиолетовое свечение, добавить люминофор, то получим излучение в видимом спектре белого цвета.

Светодиод состоит из полупроводникового кристалла на подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы (рисунок 4.1). Конструкция светодиода обеспечивает минимальные потери излучения при выводе во внешнюю среду, фокусировку излучения в заданном телесном угле (от 4 до 170 градусов) и эффективный отвод теплоты от полупроводникового

кристалла через медное или алюминиевое основание. Линза светодиода фокусирует излучение кристалла и защищает кристалл от влаги и коррозии.



1 – анод; 2 – полимерная линза; 3 – токоподводы; 4 – полупроводник;
5 – основание, заполненное силиконом; 6 – корпус, 7 – катод

Рисунок 4.1 – Общий вид конструкции светодиода

Светодиоды характеризуются несколькими основными параметрами: типом корпуса; номинальным рабочим током и напряжением или допустимыми диапазонами их изменения; спектром (цветом) излучения; углом рассеивания светового потока. Под типом корпуса, как правило, понимают диаметр и цвет линзы (колбы). Цвет линзы может быть красным, желтым, зеленым, голубым, фиолетовым, белым. Однако следует отметить, что большинство современных светодиодов выполнено из бесцветного прозрачного пластика, поэтому цвет светодиода сложно определить до его включения.

Вольтамперная характеристика светодиода нелинейная, и каждому значению напряжения соответствует своя величина протекающего через него тока. Чем выше напряжение, тем выше значение тока и тем больше излучаемый ими световой поток (светимость), так как световой поток изменяется (а следовательно, и регулируется) при изменении напряжения.

Применяемые для освещения светодиоды работают от источника постоянного тока напряжением 3,5...24 В. Так как светодиоды не в состоянии стабилизировать потребляемый ток, при их подключении к питающему напряжению используют токоограничивающие резисторы.

Для каждого светодиода существуют допустимые значения напряжения питания U_{max} и U_{min} . При подаче напряжения свыше значений U_{max} наступает электрический пробой, в результате которого светодиод выходит из строя. При напряжении ниже U_{min} светодиод не генерирует видимое излучение. Диапазон питающих напряжений между U_{min} и U_{max} называют «рабочей» зоной (допустимым диапазоном изменения напряжения).

Светотехнические характеристики светодиода определяются значениями светового потока и осевой силой света, спектром излучения и углом рассеивания светового потока. Сплошной спектр излучения

светодиодов, как правило, расположен в видимой области. Он зависит от состава полупроводниковых материалов, из которых изготовлен кристалл светодиода, температуры окружающей среды, величины питающего напряжения и протекающего через светодиод тока. В осветительных установках интерес представляют светодиоды, излучающие белый свет.

Угол рассеивания светового потока (угол излучения) в основном определяется конструкцией, оптическими свойствами используемых конструкционных материалов и формой линзы (колбы) светодиода.

Светодиоды также допускается питать в импульсном режиме при использовании распространенной в современной электронике широтно-импульсной модуляции. В этом случае, изменяя длительность и частоту импульсов, можно регулировать яркость светодиодов без изменения цветового оттенка.

Достоинства светодиодов:

- отсутствие стеклянных колб и нитей накаливания, что обеспечивает высокую механическую прочность, ударную и вибрационную устойчивость, надежность;
- отсутствие частей с высокой температурой и высокими электрическими напряжениями гарантирует их высокий уровень электро- и пожарной безопасности;
- безинерционность при генерировании излучения делает их незаменимыми источниками в приборах и устройствах, требующих высокого быстродействия;
- миниатюрность;
- большой срок службы и высокий КПД;
- относительно низкие значения напряжения питания, потребляемых токов, энергопотребления;
- многообразие цветов свечения и направленность излучения;
- возможность регулирования интенсивности излучаемого светового потока.

Недостатки светодиодов:

- относительно высокая стоимость;
- малый световой поток от одного светоизлучающего элемента;
- изменение светотехнических и эксплуатационных параметров со временем;
- повышенные требования к источнику питающего напряжения.

Срок службы светодиодов достигает 60–100 тыс. ч. Их световая отдача – 25–50 лм/Вт, а у некоторых (цветные, преимущественно спектра излучения в красной области) до 100 лм/Вт, цветовая температура T – 6000–8500 К, индекс цветопередачи R_a – до 80. Они устойчивы к воздействию низких температур.

Группируя светодиоды в одно изделие, в настоящее время на промышленной основе изготавливают светодиодные лампы, ленты, панели, светильники и прожекторы.

Схемы включения светодиодных ламп

В зависимости от конструкции драйвера (схема, служащая для преобразования сетевого напряжения в необходимое для питания светодиодов, для защиты светодиодов от аварийных режимов сети) можно выделить три основных типа светодиодных ламп:

1. Светодиодные лампы с резисторно-конденсаторным блоком питания.
2. Светодиодные лампы с высокочастотным импульсным питанием светодиодов.
3. Светодиодные лампы с источником питания стабильного тока.

1. Светодиодные лампы с резисторно-конденсаторным блоком питания (рисунок 4.2).

Простейшая схема драйвера лампы, характерно для дешёвых китайских образцов. Разберём принцип работы лампы. Так как напряжение в сети 220 В, а на светодиоде падает до 3...4 В, то светодиоды соединяются в последовательную цепочку так, что бы суммарное напряжение цепочки светодиодов было меньше чем 220В. Последовательно с цепочкой ставится конденсатор (что бы гасить избыток напряжения) определенного номинала, рассчитанный именно под напряжение 220В, частоту сети и сумму падений напряжений на светодиодах.

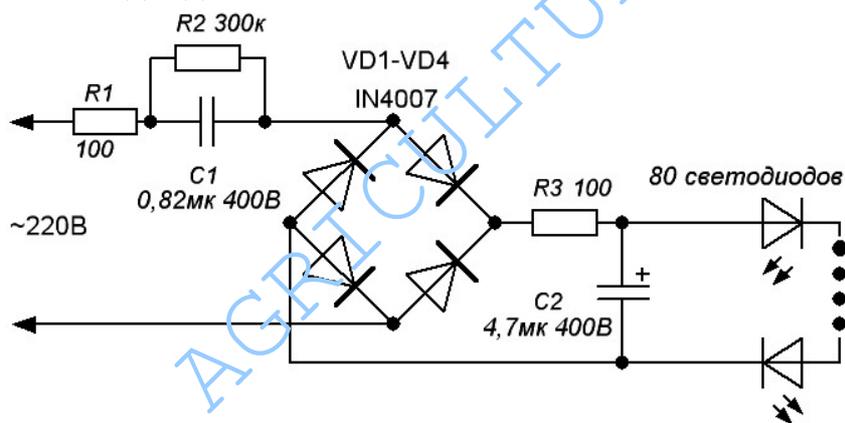


Рисунок 4.2. → Схема драйвера светодиодной лампы с резисторно-конденсаторным блоком питания.

Резистор R1 ограничивает пиковый ток заряда конденсатора C2 для исключения перегрузки выпрямительного диодного моста при включении лампы; резистор R2 разряжает конденсатор и выпрямительный диодный мост после выключения. При обрыве в цепи светодиодов напряжение на C2 без резистора R3 может достигнуть аварийных значений и вывести из строя конденсатор.

Недостатки схемы:

1. При выходе из строя хотя бы одного светодиода перестанет работать вся лампа.
2. При возникновении помехи в сети светодиоды выйдут из строя несмотря на конденсатор.

3. При падении температуры воздуха, падение напряжения на светодиодах возрастет, и яркость лампы значительно снизится.

4. При напряжении в сети менее 220В, светодиодная лампа будет светить значительно слабее.

5. При включении лампы, через цепочку светодиодов может проходить значительный бросок тока, особенно если момент включения совпал с максимальным уровнем напряжения в сети – усиленная деградация светодиода.

6. Даже при наличии "сглаживающего" конденсатора С2, данная светодиодная лампа обладает стробоскопическим эффектом, не меньше чем люминесцентные лампы.

2. Светодиодные лампы с высокочастотным импульсным питанием светодиодов (рисунок 4.3).

Данные лампы имеют более совершенную схему и рассчитаны на широкий диапазон питающих напряжений (от 100 до 250В), имеют высокий КПД, питание светодиодов производится импульсным током, обеспечивая стабилизацию "среднего тока".

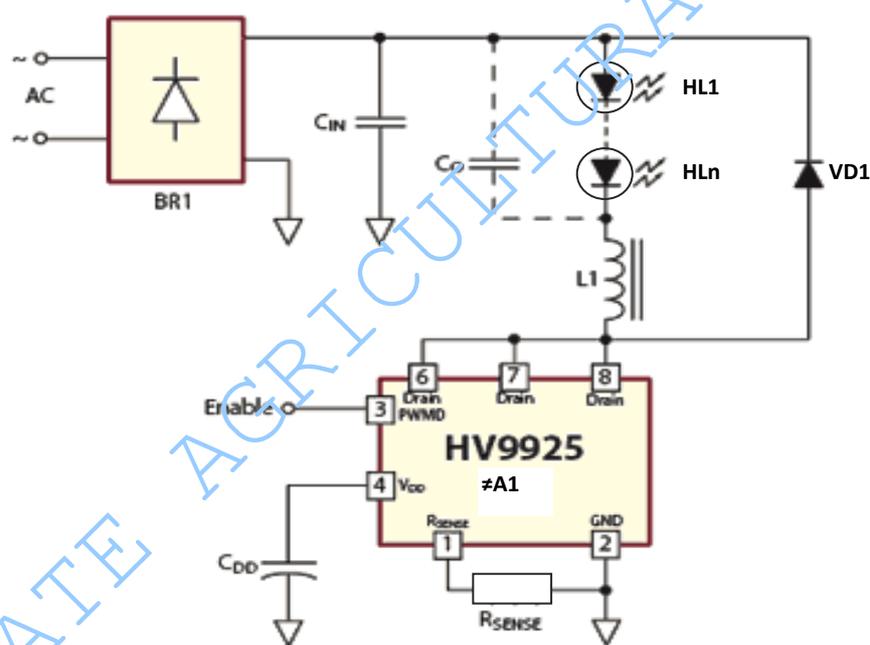


Рисунок 4.3 – Схема драйвера светодиодной лампы с высокочастотным импульсным питанием

Преимущество данного способа питания только одно – не нужен выходной конденсатор обычно большой емкости, а недостатков несколько: высокий уровень электромагнитных помех, неизвестные последствия для светодиодов при питании их повышенными импульсными токами и немного уменьшенный световой поток. Стробоскопический эффект присутствует но принимать его во внимание не целесообразно – частота мерцания выше 100 кГц – отсутствует опасность для человека.

3. Светодиодные лампы с источником питания стабильного тока (рисунок 4.4).

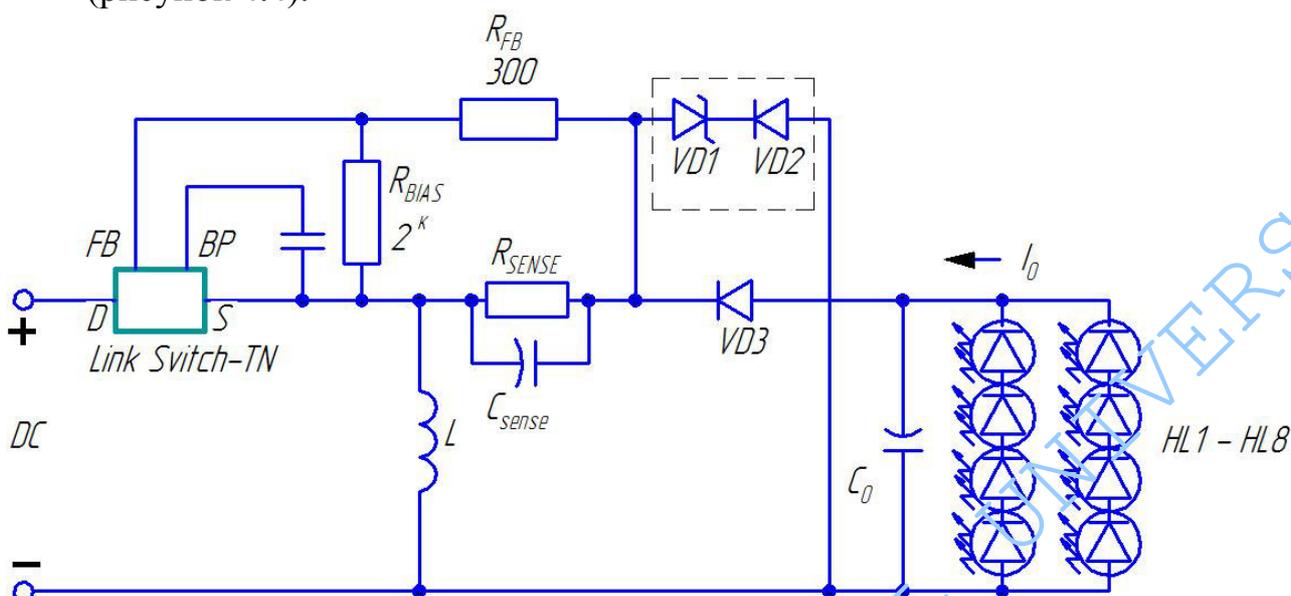


Рисунок 4.4 – Схема драйвера светодиодной лампы с источником питания стабильного тока

Самая современная схема подключения светодиодной лампы. Она работает в широком диапазоне питающих напряжений, не зависят от внешней температуры, светодиоды питаются стабильным током и находятся в своем номинальном режиме. Результат – комфортная работа светодиодов при максимальном световом потоке. Стробоскопический эффект отсутствует. В качестве относительного недостатка можно назвать невозможность "диммирования" светодиодной лампы с источником стабильного тока, так как источник питания внутри лампы будет до последнего пытаться вытянуть номинальный ток для светодиодов, а потом просто отключится.

Однако и в данном драйвере существует один существенный недостаток - выходной конденсатор, сглаживающий пульсации. Тут во всём «виноват» широкий диапазон питающих напряжений – ниже КПД, значит больше нагрев элементов схемы, значит быстрее «высохнут» конденсаторы. Обычно используют электролитические конденсаторы, которые «высыхают» за определённый срок. Таким образом, производитель, декларируя 10-ти летний ресурс своей светодиодной лампы умалчивает о ресурсе конденсаторов (дешевые - 3-4 тыс. ч., дорогие - 12-15 тыс. ч.). Существуют конечно керамические конденсаторы, но их стоимость не позволяет устанавливать их в лампы.

Таким образом у разных производителей светодиодные лампы с одинаковыми на первый взгляд характеристиками значительно отличаются в цене.

Коэффициент мощности светодиодной лампы

Коэффициент мощности численно равен отношению потребляемой электроприёмником активной мощности к полной мощности:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S},$$

где $\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

P – активная мощность, Вт;

S – полная или кажущаяся мощность, ВА.

На входе любой светодиодной лампы стоят диоды, которые выпрямляют переменное напряжение в пульсирующее. За ними стоит конденсатор который сглаживает пульсирующее напряжение в постоянное. Светодиодная лампа потребляет ток из сети только тогда, когда напряжение на конденсаторе меньше чем напряжение в сети. Диоды открываются и заряжают конденсатор. Потом напряжение в сети падает и лампа питается именно от этого конденсатора. И так повторяется 100 раз в секунду (рисунки 4.5 и 4.6).

Если заменить все лампы в доме на обычные светодиодные лампы, то в момент зарядки конденсаторов этих ламп сеть будет сильно перегружена, а в остальное время будет работать на холостом ходу. С точки зрения энергетиков это просто не допустимо. Чем полнее используется мощность, тем выше коэффициент мощности. Если бы не было входного конденсатора, то коэффициент мощности приближался бы к 100%, но тогда вышла бы из строя вся электроника стабилизирующая ток в светодиодах, или бы вновь появился стробоскопический эффект.

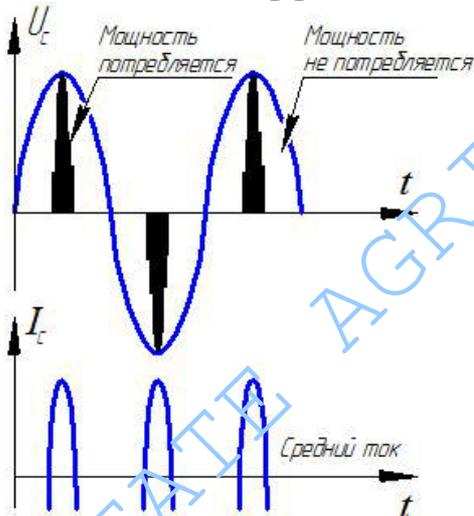


Рисунок 4.5 - Ток и мощность, потребляемые источником питания без коррекции

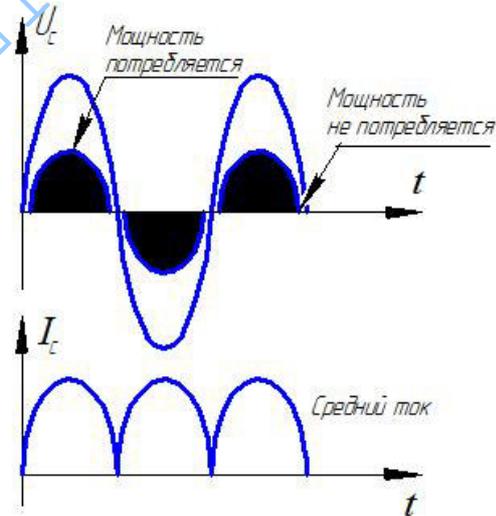


Рисунок 4.6 - Ток и мощность, потребляемые источником питания с корректором коэффициента мощности

Серьезные производители всеми силами снижают емкость входного конденсатора, повышая коэффициент мощности, а некоторые умудряются даже использовать корректоры коэффициента мощности. Естественно все это влияет на цену светодиодной лампы в сторону ее увеличения.

Индукционные лампы

Принцип действия индукционной лампы основан на электромагнитной

индукции и газовом разряде для генерации оптического излучения преимущественно видимого света. Основным отличием от существующих газоразрядных ламп является безэлектродная конструкция – отсутствие термокатодов и нитей накала, что значительно увеличивает их срок службы.

Индукционная лампа состоит из трех основных частей: газоразрядной трубки, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, магнитного кольца или стержня (феррита) с индукционной катушкой, электронного балласта (генератора высокочастотного тока).

Электронный балласт вырабатывает высокочастотный ток, протекающий по индукционной катушке на магнитном кольце или стержне. Электромагнит и индукционная катушка создают газовый разряд в высокочастотном электромагнитном поле, и под воздействием ультрафиолетового излучения разряда происходит свечение люминофора.

В настоящее время индукционные лампы как источник общего освещения имеют характеристики лучше, чем у традиционных источников света, таких как лампы ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и даже светодиодные.

Основные преимущества индукционных ламп:

- большой срок службы (60...120 тыс. ч);
- стабильность работы при пониженных температурах (от - 40 °С);
- стабильность работы в большом диапазоне напряжения (от 120 до 270 В);
- встроенная защита от скачков напряжения и короткого замыкания;
- устойчивость к вибрации, случайным ударам;
- полное отсутствие пусковых токов в момент включения;
- мгновенное зажигание при подаче питающего напряжения;
- отсутствие пульсации светового потока.

Индукционные лампы изготавливают с широким спектром типоразмеров – 20, 30, 40, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300 Вт. Их общий вид приведен на рисунке 4.7.

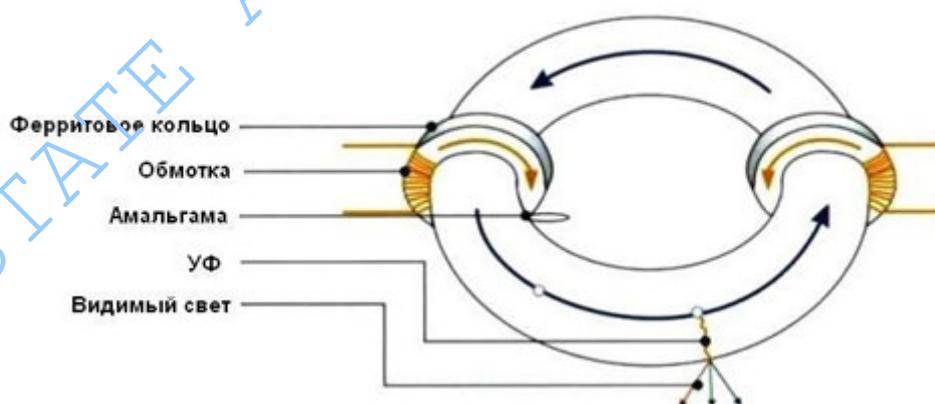


Рисунок 4.7 – Общий вид конструкции индукционной лампы

Технические параметры:

- световая отдача – 75–90 лм · Вт⁻¹;
- температура нагрева колбы лампы – +60–80 °С;
- цветовая температура – 2700, 3500, 4000, 5000, 6500 К;

- индекс цветопередачи $R_a > 80$;
- коэффициент мощности – 0,97–0,99;
- гарантированный срок службы до 5 лет;
- степень защиты – IP65;
- снижение светового потока за весь срок эксплуатации $> 15\text{--}25\%$;
- рабочая частота – до 230 кГц.

Порядок выполнения лабораторной работы и оформления отчета

1. Руководствуясь настоящим практикумом, плакатами, советами преподавателя следует изучить устройство и принцип работы светодиодных и индукционных ламп.
2. Провести анализ изученных схем включения светодиодных ламп и выявить недостатки или достоинства той или иной схемы.
3. Вычертить схемы включения светодиодных ламп.
4. Составить отчет о выполненной работе.

Контрольные вопросы:

1. Каковы преимущества светодиодных ламп относительно ламп накаливания?
2. Каковы недостатки светодиодных ламп по сравнению с лампами накаливания?
3. Перечислите области применения светодиодных ламп в зависимости от напряжения питания.
4. Перечислите три основных типа светодиодных ламп в зависимости от конструкции драйвера.
5. Разъясните принцип работы светодиодных ламп с резисторно-конденсаторным блоком питания и перечислите их недостатки.
6. Разъясните принцип работы светодиодных ламп с высокочастотным импульсным питанием светодиодов и перечислите их преимущества и недостатки.
7. Разъясните принцип работы светодиодных ламп с источником питания стабильного тока и перечислите их преимущества и недостатки.
8. Почему необходимо корректировать коэффициент мощности светодиодных ламп и как это происходит?
9. Изобразите диаграммы потребляемого тока и мощности источника питания светодиодных ламп без коррекции коэффициента мощности и с коррекцией.
10. Каковы требования к напряжению, питающему светодиодные лампы?
11. Как изменяются основные светотехнические характеристики светодиодной лампы при изменении напряжения питания?
12. Перечислите основные преимущества индукционных ламп.

Лабораторная работа №5

ИЗУЧЕНИЕ ЛАМП ДРЛ И ДНаТ, СХЕМЫ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ

Цель работы:

1. Изучить лампы ДРЛ и ДНаТ.
2. Изучить схемы включения ламп ДРЛ и ДНаТ.
3. Снять характеристик ламп ДРЛ и ДНаТ.

Общие сведения

Лампа ДРЛ состоит из кварцевой трубки (горелки), смонтированной в стеклянном баллоне, стенки которого изнутри покрыты люминофором. Внутри горелки находится дозированная капля ртути и газ аргон. В торцы лампы впаяны вольфрамовые активированные электроды. Лампа имеет резьбовой цоколь.

Включение ламп ДРЛ в сеть возможно только путем последовательного соединения с ними специального устройства (ПРА). В зависимости от конструктивных модификаций ламп ДРЛ (двухэлектродные или четырехэлектродные) различаются и схемы их включения в сеть.

В двухэлектродных лампах ДРЛ кварцевая горелка снабжена двумя рабочими электродами. Схема включения двухэлектродной лампы в сеть приведена на рисунке 5.1.

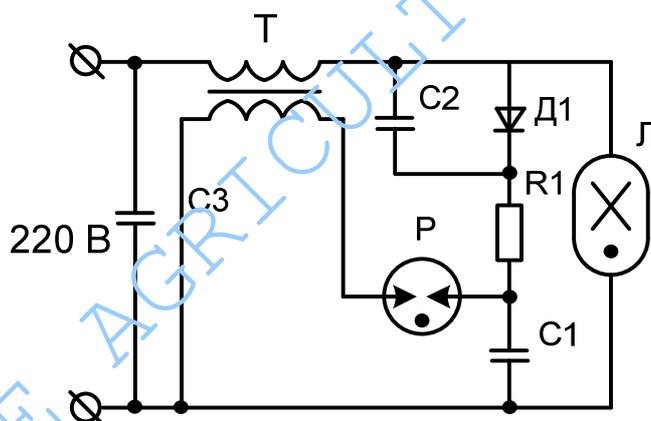


Рисунок 5.1 – Схема включения двухэлектродной лампы в сеть

Зажигание этих ламп не может быть произведено рабочим напряжением сети, так как напряжение зажигания лампы значительно выше напряжения сети. Для первоначального пробоя газового промежутка к электродам лампы должен быть приложен кратковременный импульс напряжения в несколько киловольт.

Электрический разряд в парах ртути высокого давления (5...10 атм), возникающий в лампе под действием приложенного к ней напряжения, сопровождается интенсивным излучением света, в спектре которого полностью отсутствуют оранжево-красные лучи. Восполнение этого недостатка осуществляется при помощи люминофора, покрывающего внутренние стенки баллона и подобранного таким образом, что он под действием ультрафиолетовых лучей разряда излучает свет оранжево-красного цвета. Смешиваясь с основным световым потоком лампы, он исправляет его

цветность и делает лампу пригодной для целей освещения. Лампы выпускаются двух типов: двухэлектродные мощностью 250, 500, 750 и 1000 Вт со сроком службы 5000 ч и четырёхэлектродные мощностью 80, 125, 250, 400, 700 и 1000 Вт со сроком службы 3000 ч (приложение 2). Четырёхэлектродные лампы отличаются от двухэлектродных наличием в них, для облегчения зажигания, двух дополнительных электродов, подключенных к основным электродам через добавочные сопротивления. При включении лампы возникает тлеющий разряд между дополнительными и ближайшими основными электродами. На величину напряжения зажигания ламп ДРЛ влияет температура окружающей среды. При понижении температуры напряжение зажигания U_3 повышается. Для четырёхэлектродных ламп ДРЛ эта зависимость примерно следующая:

$$\begin{aligned} \text{при } 20^{\circ}\text{C} \quad U_3 &= 130 \dots 150 \text{ В} \\ 0^{\circ}\text{C} \quad U_3 &= 140 \dots 160 \text{ В} \\ -30^{\circ}\text{C} \quad U_3 &= 190 \dots 210 \text{ В} \end{aligned}$$

Остальные характеристики ламп в зависимости от внешней температуры изменяются незначительно. При медленных изменениях напряжения сети на $\pm 1,0\%$ световой поток ламп изменяется на $\pm 0,5\%$.

Программа работы

1. Изучить устройство ламп ДРЛ, ДНаТ.
2. Изучить схему включения ламп.
3. Снять зависимости тока I , напряжения на дросселе $U_{др}$, на лампе $U_{л}$ и освещённости E при разгорании ламп.
4. Снять зависимости тока, освещённости от напряжения на лампах.

Методика выполнения работы

1. Включить лампу ДРЛ по схеме (рисунок) и через одну минуту производить замеры тока I , напряжения на дросселе $U_{др}$ и лампе $U_{л}$, а также освещённости E до полного разгорания лампы. Определить время разгорания лампы. Данные занести в таблице 5.1

Таблица 5.1 -- Данные для замера

t, мин	I, А	$U_{др}$, В	$U_{л}$, В	E, лк
1				
2				
3				
4 и т.д.				

2. Снижая напряжение с 220 В через 10 В до потухания лампы, снять значения U , I и E . Данные занести в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Данные для замера

U, В	220	210	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110
I, А												
E, лк												

Аналогично пунктам 1 и 2 методики выполнения работы провести замеры с лампой ДНаТ.

Содержание отчета

1. Электрическая схема (рисунок), её описание.
2. Таблицы 5.1, 5.2 с результатами измерений и графики, построенные по данным таблиц:

$$I = f(t); U_{вр} = f(t); U_{л}, E = f(t); I = f(U); E = f(U).$$

Выводы, в которых объяснить, чем вызвано изменение электрических параметров ламп при их разгорании.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство лампы ДРЛ.
2. Каково назначение дополнительных электродов в четырехэлектродных лампах?
3. Почему температура влияет на напряжение зажигания лампы ДРЛ
4. Как включается в сеть четырехэлектродная лампа?
5. Объясните физические процессы, происходящие в лампе ДРЛ при ее зажигании и работе.
6. Назовите преимущества и недостатки ламп типа ДРЛ в сравнении с другими источниками оптического, излучения
7. Назовите области применения ламп ДРЛ.

Лабораторная работа №6

ИЗУЧЕНИЕ УСТАНОВОК АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Цель работы: изучить способы и принципы работы установок, схемные решения и устройства управления осветительными установками.

Основные сведения

Важнейшими параметрами, обеспечивающими нормальный рост, развитие и продуктивность животных и птиц, являются периодичность освещения, уровень освещенности и спектральный состав.

Периодичность освещения — изменение продолжительности дня и ночи в течение года. Периодичность освещения влияет на сроки размножения животных, линьку и рост волос, скорость обмена веществ и на продуктивность.

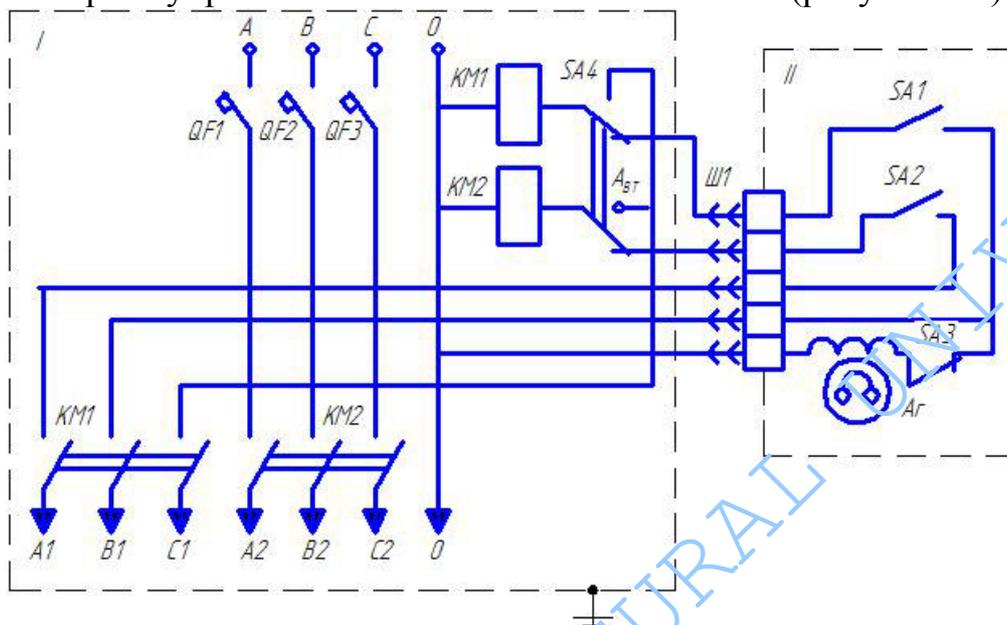
Увеличение освещенности увеличивает продуктивность коров на 9%, снижает расход кормов на единицу продукции от 8 до 24%, стимулирует обменные процессы, рост молодняка и плодовитость. Снижение освещенности снижает удои, но увеличивает накопление жира у свиней и массу птицы.

Существенным резервом экономии электроэнергии в птицеводстве является режим прерывистого освещения. Исследования показали, что многократное отключение света в птичниках позволяет сэкономить от 30 до 50% электроэнергии и повысить продуктивность птицы и прирост цыплят.

Для изменения продуктивности животных и птиц необходимы схемы управления освещением, которые бы позволили изменять уровень освещен-

ности и продолжительность светового дня по заданной программе; имитировать «рассвет» и «закат».

Автоматическое плавное изменение продолжительности светового дня по заданной программе, а также имитацию «рассвета» и «заката» осуществляет программное реле управления светом ПРУС-1 и ПРУС-2 (рисунок 6.1).



I силовой блок; II блок управления; QF1-QF3 выключатели автоматические серии АЕ2000; SA4 тумблер типа ТП12; KM1, KM2 пускатели магнитные типа ПМЕ-221; Ш1 разъем типа КР-20; Ar устройство автоматического подзавода часового механизма реле типа 2РВМ; SA1-SA3 микропереключатели

Рисунок 6.1– Принципиальная электрическая схема установки ПРУС-2

Программное реле рассчитано на две программы — на полный цикл выращивания цыплят (150 суток) и кур-несушек (400 суток). Пределы регулирования продолжительности светового дня 6-24 часа. Установка приводится в действие анкерным часовым механизмом с автоматическим подзаводом пружины и суточным резервом хода на случай перерывов в электроснабжении. В ней использован механический способ задания программы с помощью усеченного цилиндра с вырезом определенного профиля на боковой поверхности. Профиль выреза соответствует графику продолжительности светового дня. Считывание программы осуществляется через рычаги-копиры двух микропереключателей SA1 и SA2, которые, в свою очередь, через магнитные пускатели KM1 и KM2 управляют включением и отключением осветительных приборов ОП. Чтобы избежать стресса птицы, микропереключатели срабатывают не одновременно, а с интервалом 2-5 минут, чем достигается имитация «рассвета» и «заката». Установка работает в ручном и автоматическом режимах.

Для автоматизации управления освещением могут быть использованы программные реле 2РВМ, программные приборы К-8, МКП-12 и др. Эти устройства могут обеспечивать программирование светового режима только в

пределах суток с изменением вручную продолжительности светового дня на 15-20 минут.

Для автоматического управления осветительными установками в функции естественной освещенности применяют фотореле. Примером централизованной автоматической системы управления уличным освещением может служить фотореле ФР-2 (рисунок 6.2).

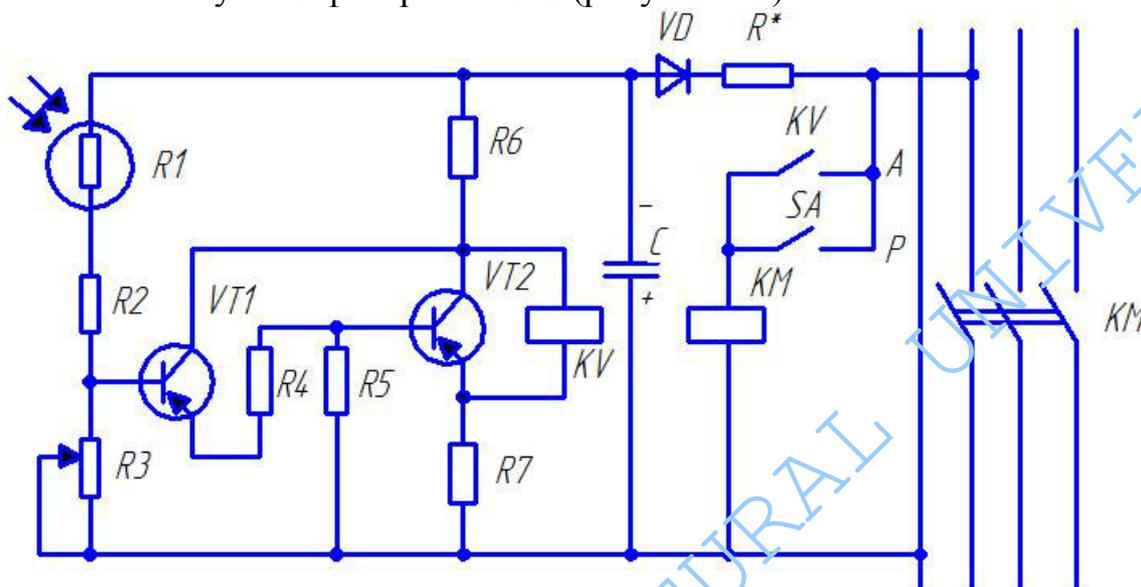


Рисунок 6.2 – Схема электрическая принципиальная фотореле ФР-2

Фоторезистор R1 и резисторы R2 и R3 составляют делитель напряжения. В сумерках, когда сопротивление фоторезистора R1 велико, ток в этой цепи мал, и падение напряжения на резисторе R3 невелико, ток базы транзистора VT1 мал, оба транзистора закрыты. Реле KV питается от сети через однополупериодный выпрямитель на диоде VD с гасящим резистором R8 и сглаживающим пульсации напряжения конденсатором C. Так как VT2 закрыт, то реле KV находится под напряжением и его контакты в цепи магнитного пускателя KM замкнуты; осветительная установка включена магнитным пускателем KM.

При увеличении освещенности сопротивление фоторезистора R1 уменьшается, возрастает ток делителя напряжения, возрастают падение напряжения на резисторе R3 и ток базы транзистора VT1, увеличивается ток эмиттера VT1, возрастает потенциал на базе транзистора VT2 из-за увеличения падения напряжения на резисторе R5, и он, открываясь, шунтирует катушку реле KV. Ток через катушку снижается, и он разрывает цепь катушки магнитного пускателя KM, который, в свою очередь, выключает освещение улицы.

Другой способ регулирования освещенности состоит в ступенчатом или плавном изменении светового потока светильников путем изменения напряжения питания источников света.

Регулирование напряжения можно осуществлять путем включения в цепь светильников постоянного резистора при помощи автотрансформаторов,

магнитных усилителей или управляемых резисторов. Основными недостатками этих способов являются существенные потери энергии, тепловыделения у резисторов и реостатов, большие металлоемкости и массы.

Полупроводниковые приборы свободны от этих недостатков. Полупроводниковые тиристоры и симисторы позволяют регулировать действующие значения выходного напряжения длительностью включенного состояния тиристорного ключа VS в каждом полупериоде напряжения сети (рисунок 6.3).

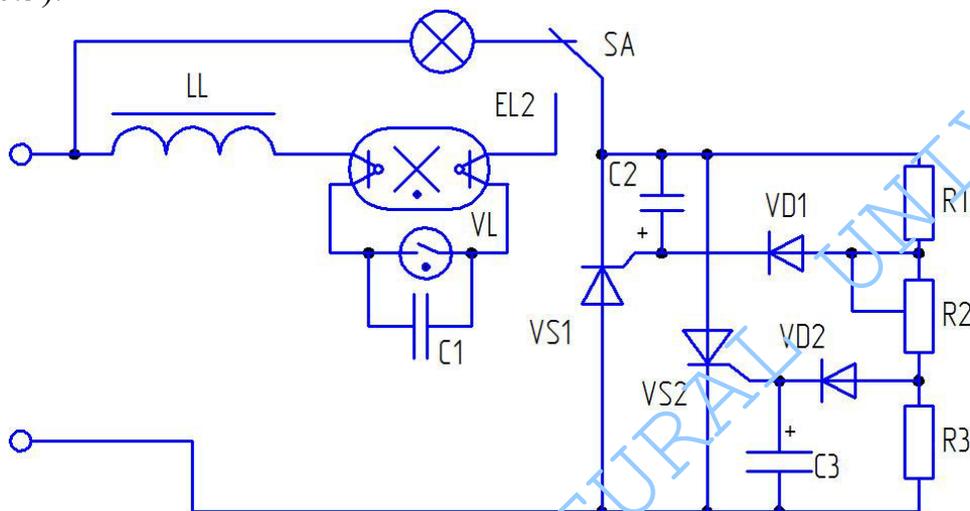


Рисунок 6.3 – Схема электрическая принципиальная фазоимпульсного регулирования

При фазоимпульсном управлении тиристорами на их управляющий электрод в определенный момент времени подается импульс напряжения, после чего он открывается и остается открытым до конца полупериода (рисунок 6.4).

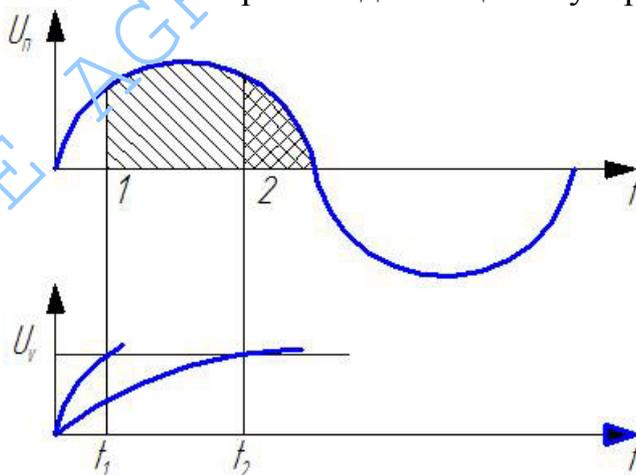


Рисунок 6.4 – Регулирование напряжения с фазоимпульсным методом управления

В схеме регулирования времени открывания тиристоров (см. рисунок 6.3) осуществляется путем изменения постоянной времени $\tau = RC$. Например, в первый полупериод, когда положительный потенциал находится на лампе, электрический ток определяется делителем напряжения R1 - R2 - R3, и

происходит зарядка конденсатора $C3$ по цепи лампа – $R1 - R2 - VD2 - C3$. Когда напряжение на конденсаторе (например, в момент времени t_1) достигнет U_y напряжения открывания тиристора $VS2$, он откроется, и по лампе пойдет ток с этого момента и до конца полупериода. При увеличении сопротивления $R2$ увеличивается время зарядки конденсатора $C3$ до напряжения открывания, и тиристор $VS2$ открывается позже, тем самым снижается среднее значение напряжения на лампе.

В следующем полупериоде он остается закрытым, а симистор может быть открыт очередным импульсом управления.

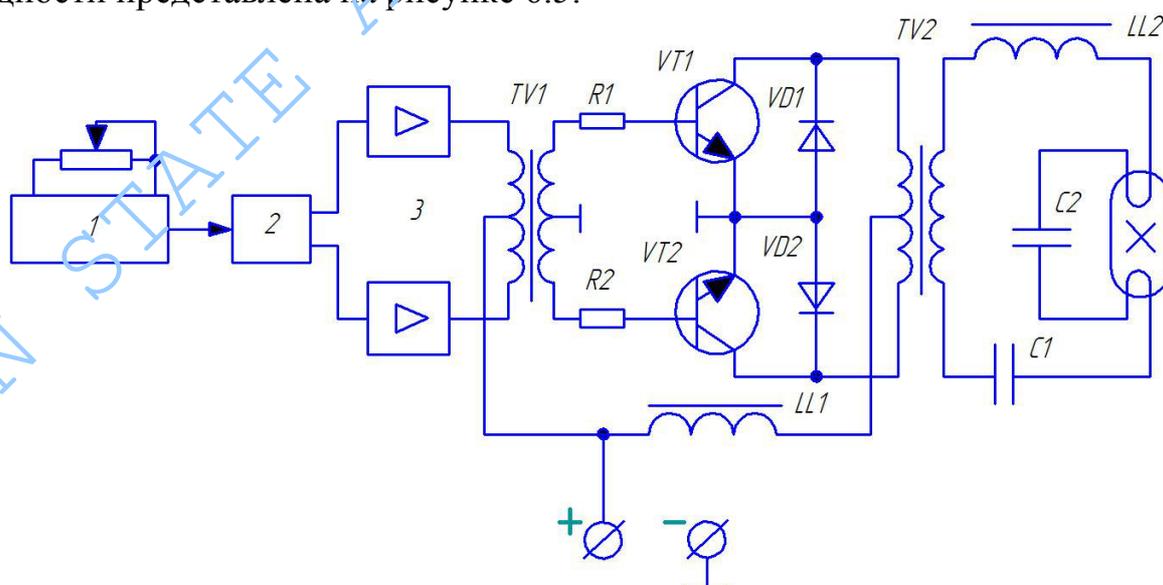
При тиристорном регулировании форма выходного напряжения искажается, в ней, наряду с основной гармоникой, появляются высшие гармонические составляющие, увеличиваются пульсации светового потока ламп и радиопомехи, для борьбы с которыми следует применять соответствующие фильтры.

Работа газоразрядных ламп при питании их током повышенной частоты существенно отличается от работы лампы при частоте 50 Гц.

С ростом частоты абсолютные значения тока и напряжения горения лампы при одинаковом напряжении питающей сети перестают зависеть от вида балластного сопротивления, постепенно приближаются к одинаковому значению и, начиная с частоты $0,8...1$ кГц, имеют одинаковую форму напряжения – близкую к треугольной, а ток – синусоидальную как при активном, так и при индуктивном и емкостном балластах.

Светоотдача с ростом частоты до 20 кГц возрастает на 20-35% по сравнению с частотой 50 Гц, пульсации светового потока пренебрежимо малы из-за исчезновения деионизации; потери мощности в ПРА в 3...4 раза меньше; срок службы лампы возрастает до 30%; снижается масса ПРА.

Простейшая схема преобразователя частоты с использованием усилителя мощности представлена на рисунке 6.5.



1 – задающий генератор; 2 – триггер; 3 – усилители

Рисунок 6.5 – Схема преобразователя частоты

Усилитель управляется от задающего генератора. Сигналы с выхода генератора инвертируются с помощью триггера и подаются на усилители. Усиленный сигнал в противофазе поступает на согласующий трансформатор TV1.

Транзисторы усилителя мощности VT1 и VT2 работают поочередно. В течение первого полупериода под действием управляющего напряжения один из транзисторов, например VT1, открыт и находится в насыщении, а транзистор VT2 закрыт и находится в режиме отсечки. Во второй полупериод транзисторы переключаются. Таким образом, электрический ток транзисторов поочередно проходит по той или иной половине первичной обмотки трансформатора TV2. Во вторичной обмотке наводится ЭДС прямоугольной формы.

Применение таких преобразователей целесообразно, если требуется обеспечить постоянство частоты и напряжения на выходе, а также неизменной формы кривой переменного напряжения при изменении нагрузки преобразователя.

Порядок выполнения лабораторной работы и оформления отчета

1. Руководствуясь настоящим практикумом, плакатами, советами преподавателя следует изучить устройство и принцип работы устройств управления осветительными установками.

2. Провести анализ схемных решений устройств управления осветительными установками и выявить недостатки или достоинства той или иной схемы.

3. Вычертить схемы изучаемых устройств управления осветительными установками.

4. Составить отчет о выполненной работе.

Контрольные вопросы

1. Действие видимого излучения на животных и птиц.
2. Требования к приборам и схемам управления освещением в птицеводстве.
3. Устройство и принцип действия ПРУС-1.
4. Электрическая схема ПРУС-1.
5. Электрическая схема фотореле ФР-2.
6. Принцип фазоимпульсного регулирования. Преимущества и недостатки.
7. Почему с увеличением частоты сети возрастает напряжение на лампе?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для выполнения задания студент должен пользоваться методами, изложенными в новейшей литературе с приведением необходимых ссылок и обоснований. Выбор расчетных формул, коэффициентов, упрощений, нормативных данных и т.д. должен сопровождаться ссылками на литературные источники. Выполнение задания следует сопровождать краткими

объяснениями, необходимыми эскизами, обоснованиями и подробными объяснениями с указанием размерностей вычисленных величин.

Основные расчетные формулы

Зависимости характеристик ламп накаливания от величины напряжения питания (от 0,9 до 1,1 U_H):

- ток ламп $I_l / I_{л.н} = (U/U_H)^{0,53}$;
- мощность ламп $P/P_H = (U/U_H)^{1,53}$;
- световая отдача $\eta_v / \eta_{v.н} = (U/U_H)^{2,14}$;
- световой поток $\Phi_v / \Phi_{v.н} = (U/U_H)^{3,67}$;
- срок службы $t_{сл} / t_{сл.н} = (U/U_H)^{-13,8}$,

где $I_{л.н}$, P_H , $\Phi_{v.н}$ – нормальные значения параметров.

Зависимости характеристик люминесцентных ламп от величины напряжения питания (от 0,9 до 1,1 U_H)

- ток ламп $\Delta I_l / I_{л.н} = 2,2 (U/U_H)$;
- мощность ламп $\Delta P / P_H = 2(U/U_H)$;
- световой поток $\Delta \Phi_v / \Phi_{v.н} = 1,5 (U/U_H)$,

где ΔI , ΔP , $\Delta \Phi_v$ - отклонения значений параметров от номинальных.

Мощность, Вт, люминесцентной лампы

$$P \cong 0,9 I_l U_l,$$

где U_l - напряжение лампы, В

Световой поток, лм, люминесцентной лампы

$$\Phi \cong 9,25 I_{пер},$$

где $I_{пер}$ - сила света люминесцентной лампы в направлении, перпендикулярном ее оси, кд

Продольная кривая силы света люминесцентной лампы

$$I_\alpha = I_\perp \sin \alpha,$$

где α - угол, отсчитываемый от продольной оси лампы, град.

Освещенность, лк, от люминесцентной лампы

$$E = I_\alpha \cos \beta / l^2 = I_\alpha \cos^3 \alpha / h^2,$$

где β - угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности, град.; l - расстояние от середины люминесцентной лампы до освещаемой точки, м; h - расстояние от середины лампы до плоскости, на которой находится освещаемая точка, м.

Средняя яркость, кд/м², люминесцентной лампы

$$L_v = F_v 10^4 / (9,25 k d l),$$

где k – коэффициент учитывающий неравномерное распределение яркости по длине лампы (для ламп мощностью до 15 Вт включительно $k = 0,87$, для ламп большей мощности $k = 0,92$); d и l - внутренний диаметр и длина светящейся части колбы лампы, см

"Красное отношение" источника света - отношение светового потока источника в красной части спектра к его общему световому потоку:

$$n = \frac{\int_{610\text{нм}}^{770\text{нм}} \varphi(\lambda) K(\lambda) d\lambda}{\int_{380\text{нм}}^{770\text{нм}} \varphi(\lambda) K(\lambda) d\lambda}.$$

Выбор номера задачи производится по последней цифре зачетной книжки.

ЗАДАЧИ

1. Световой поток лампы накаливания Г125-135-500 равен 8700 лм. При каком напряжении сети световой поток лампы будет 6696 лм?

2. Как следует изменить напряжение на зажимах лампы накаливания Г125-135-150, чтобы срок ее службы возрос в 2 раза по сравнению с номинальным?

3. При резко неравномерной нагрузке фаз трехфазной осветительной сети произошло нарушение контакта нулевого провода сети с нулевым выводом питающего трансформатора. Напряжение на лампах малозагруженных фаз возросло практически до линейного напряжения 380 В. Оценить, как изменится при этом поток излучения ламп накаливания и каков будет их максимальный срок службы.

4. Световой поток люминесцентной лампы ЛБ40 равен 3000 лм. Диаметр цилиндрической светящей части лампы 3,8 см, а длина 118,4 см. Определить среднюю поверхностную плотность светового потока, силу света в направлении, перпендикулярном оси лампы, и яркость ее излучающей поверхности.

5. Световой поток люминесцентной лампы ЛБ40 равен 3000 лм. Приняв лампу за равнояркий источник, найти освещенность в точке A горизонтальной плоскости M (рисунок 1). Положение точки A относительно лампы задано размерами $h = 3$ м, $a = b = 2$ м.

6. По условию задачи 5 рассчитать освещенность в точке A вертикальной плоскости N (рисунок 2).

7. Люминесцентная лампа ЛЕЦ65 со световым потоком 3400 лм расположена вертикально, как показано на рисунке 3. Приняв лампу за равнояркий источник, вычислить освещенность в точке A на горизонтальной плоскости M . Взаимное расположение точки и лампы определено размерами $h = 3$ м и $a = b = 2$ м.

8. По условию задачи 7 найти освещенность в точке A вертикальной плоскости N .

9. Определить световую отдачу, %, источников света по их параметрам: лампа накаливания Г215-225-1000 при напряжении питания 220 В излучает световой поток 18600 лм; натриевая лампа ДНаТ400-47000 лм; кварцевая галогенная лампа КГ220-1000-22000 лм; световая отдача лампы накаливания Б215-225-100 при напряжении питания 220 В равна 13,5 лм/Вт, лампы накаливания Б125-135-100 при напряжении питания 130 В-15,4 лм/Вт,

люминесцентной лампы 60 лм/Вт; ксеноновая лампа ДКсТ10000 дает световой поток 250 клк. Сравните между собой найденные значения световых отдач различных источников.

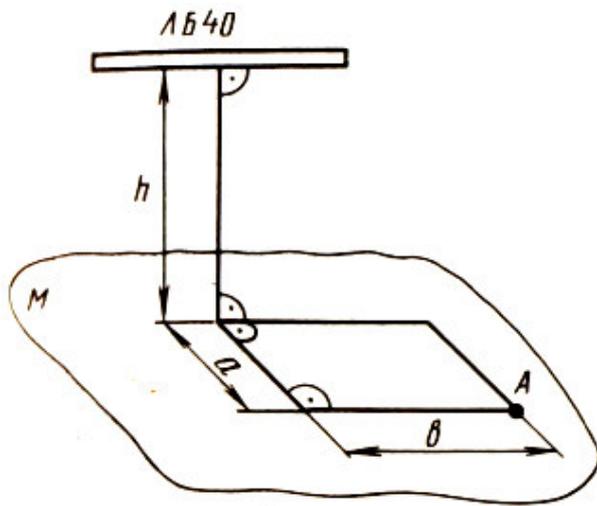


Рисунок 1 – К задаче 5. Расположение источника света над горизонтальной поверхностью

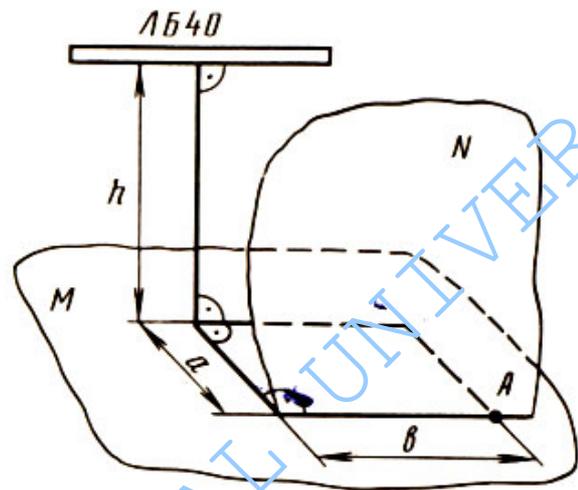


Рисунок 2 – К задаче 6. Расположение источника света и вертикальной поверхности

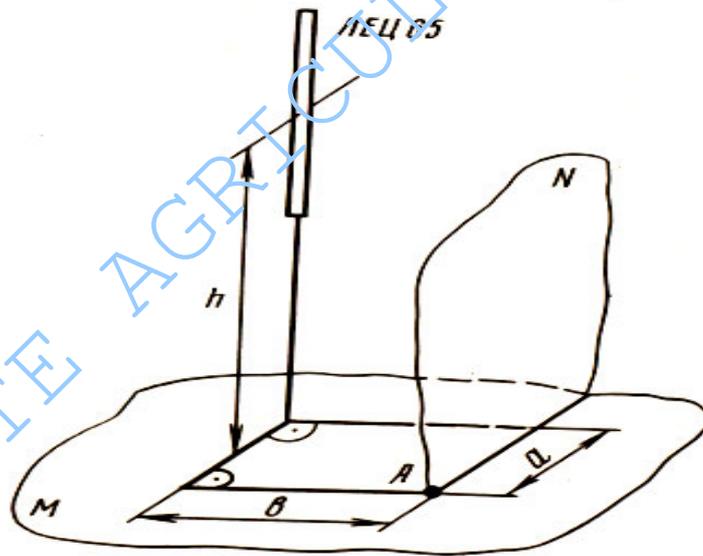


Рисунок 3 – К задаче 7. Вертикальное расположение люминесцентной лампы и освещаемой поверхности

10. Ксеноновая лампа мощностью 50 кВт излучает световой поток $2,23 \cdot 10^6$ лм. Цилиндрическое светящее тело лампы имеет длину 2100мм и диаметр 38 мм. Найти световую отдачу (лм/Вт, %) и среднюю яркость лампы ($\text{кд}/\text{м}^2$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению.- М.: КолосС, 2008. – 191 с., ил.
2. Баранов, Л.А. Светотехника и электротехнология: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 110302 «Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва» / Л.А. Баранов, В. А. Захаров. – Москва: Колос, 2008. – 344 с.
3. Живописцев Е.Н., Косицын О.А. Электротехнология и электрическое освещение. - М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с., ил.
4. Зиганшин Б.Г., Лукманов Р.Р., Дмитриев А.В., Нафиков И.Р., Халиуллин Д.Т. Методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Светотехника и электротехнологии». Ч.1. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2015. – 32 с.
5. Шашлов А.Б. Основы светотехники: учебник. – 2-е изд. перераб. и доп./ А.Б.Шашлов. – М.: Логос, 2011. – 256с.

Основные параметры ламп накаливания

Тип лампы	Расчетное напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя температура нити, К	Условная площадь, см ²
Б220-230-40 БК220-230-40	225	40	415 460	2630 2680	0,368 0,367
Б230-240-40 БК230-240-40	235	40	410 415	2620 2670	0,420 0,390
Б220-230-60 БК220-230-60	225	60	715 790	2630 2700	0,565 0,540
Б230-240-60 БК230-240-60	235	60	705 775	2610 2700	0,580 0,540
Б220-230-75	225	75	950	2630	0,720
Б230-240-75	235	75	935	2630	0,720
Б215-225-100 БК215-225-100	220	100	1350 1450	2680 2710	0,895 0,900
Б220-230-100 БК220-230-100	225	100	1350 1450	2650 2680	0,950 0,935
Б230-240-100 БК230-240-100	235	100	1335 1440	2630 2700	0,980 0,916
Б235-245-100	240	100	1330	2625	0,985
Г215-225-150	220	150	2090	2730	1,190
Г220-230-150	225	150	2090	2730	1,190
Г230-240-150	235	150	2065	2720	1,200
Г235-245-150	240	150	2060	2715	1,210
Б215-225-200 Г215-225-200	220	200	2920 2920	2730 2730	1,640 1,580
Г220-230-200	225	200	2920	2730	1,640
Г230-240-200	235	200	2890	2730	1,640
Г215-225-300	220	300	4610	2740	2,690
Г225-235-300	230	300	4600	2730	2,710

Основные параметры ртутных ламп высокого давления

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч
ДРЛ 50(15)	50	96	1900	10000
ДРЛ 80(15)	80	115	3600	12000
ДРЛ 125(6)	125	125	5900	12000
ДРЛ 125(10)	125	125	6200	12000
ДРЛ 125(15)	125	125	6300	12000
ДРЛ 250(6)-4	250	130	13000	12000
ДРЛ 250(10)-4	250	130	13500	12000
ДРЛ 250(14)-4	250	130	13500	12000
ДРЛ 400(10)-3	400	230	23000	8000
ДРЛ 400(12)-4	400	135	24000	15000
ДНаТ 70	70	90	5800	10000
ДНаТ 100	100	100	9500	10000
ДНаТ 150	150	100	15000	15000
ДНаТ 210	210	115	18000	12000
ДНаТ 250-4	250	97,5	23000	10000
ДНаТ 250-7	250	97,5	26000	20000
ДНаТ 360	360	120	35000	16000
ДНаТ 400-4	400	102,5	47000	15000
ДНаТ 400-7	400	102,5	50000	20000