

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**Иркутский государственный аграрный университет  
имени А.А. Ежевского**

**С. В. Сукьясов**

**Светотехника**

**Методические указания  
для выполнения лабораторных работ**

**Направление: 13.03.01 - «Теплоэнергетика и теплотехника»**

**Профиль: «Энергообеспечение предприятий»**

**Уровень бакалавриата**

**Молодежный 2021**

УДК 621.313

Допущено методическим советом энергетического факультета (протокол № 3 от 17 ноября 2020 года)

Лабораторные работы по дисциплине "Светотехника" являются одним из видов учебных занятий, обеспечивающих связь между теорией и практикой, знакомящих студентов с конструкциями светильников и методами их расчета.

Основная задача лабораторных занятий – проработка и закрепление лекционного материала, также важным является обучение студентов методике эксперимента, обработке экспериментальных исследований, их анализу и сравнению с теоретическими положениями.

Составитель:

кандидат технических наук, доцент С. В. Сукьясов (Иркутский ГАУ)

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент В. Д. Очиров (Иркутский ГАУ)

© С. В. Сукьясов, 2021

© ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского, 2021

Выполнение лабораторных работ является одним из основных этапов в процессе изучения студентами курса «Светотехника».

Лабораторные работы способствуют более глубокому усвоению материала, развивают практические навыки, знакомят с измерительными приборами и методами измерения, а так же иллюстрируют теоретические положения курса.

Настоящие указания включают описание лабораторных работ, которое содержит подробное рассмотрение изучаемого материала.

## **ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

Работа в лаборатории «Светотехники» проводится бригадами по 3-4 человека на рабочем месте.

Каждый студент в течение занятия выполняет одну работу.

Перед выполнением каждой работы студент должен ознакомиться с ее описанием, программой работы, целью и проработать контрольные вопросы.

Каждому студенту необходимо иметь тетрадь отчетов проведения лабораторных работ, в которой должно быть записано: наименование и цель работы; электрические схемы, таблицы замеров и расчетов, ответы на контрольные вопросы.

Преподаватель проверяет готовность студентов к выполнению работы, наличие подготовленных таблиц и схем. Неподготовленные студенты к выполнению работ не допускаются.

Получив разрешение преподавателя, студенты приступают к сборке электрических цепей на рабочем месте.

Собранная схема проверяется преподавателем. Если схема собрана не верно, студенты самостоятельно находят ошибку, после чего вновь предъявляют на проверку преподавателю.

Получив разрешение преподавателя, студенты подключают напряжение к цепи и проводят измерения, необходимые по ходу работы. Результаты наблюдений сводятся в таблицу.

## **ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ В ЛАБОРАТОРИИ «СВЕТОТЕХНИКА»**

1. К проведению лабораторных работ допускаются только студенты, знающие правила техники безопасности. Инструктаж по технике безопасности проводит преподаватель.

2. При монтаже цепей используются только изолированные провода.

3. Напряжение на рабочем месте подключается только после проверки схемы преподавателем.

4. Во время выполнения лабораторных работ запрещается прикасаться к оголенным частям, которые могут оказаться под напряжением.

5. После завершения работы напряжение на рабочем месте немедленно отключается.

6. При наблюдении за работой источников УФ и ИК лучей необходимо в первом случае надевать специальные защитные очки, во втором – избегать прямого действия лучей на глаза.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ, ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

#### Цель работы:

Исследование электрических и светотехнических характеристик ламп накаливания.

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучить конструкцию ламп.
2. Снять зависимости тока, мощности, освещенности и температуры тела накала от напряжения.
3. Определить зависимости сопротивления, светового потока и светоотдачи лампы от напряжения.
4. Определить значения светового к.п.д., а также длины волн, при которых кривая Вина имеет максимум для трех уровней напряжения – 0,85; 1,0; 1,15 от номинального напряжения лампы.

### МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для снятия основных характеристик ламп накаливания собирают схему, изображенную на рис. 1.1.

Зависимости тока, мощности, освещенности и температуры колбы от напряжения определяют путем измерения напряжения при помощи лабораторного автотрансформатора.

Результаты заносят в таблицу 1.1.

Интервалы измерения напряжения – 10 В. Максимальное значение напряжения не должно превышать 250 В. При измерении освещенности следует брать разность показаний люксметра при включенной и выключенной лампе. Температуру нити накала измеряем при помощи термопары.

По полученным данным вычисляют величины:

а) сопротивление лампы, Ом:  $R_{\text{л}} = \frac{U_{\text{н}}}{I}$ ; (1.1)

б) световой поток (приблизительно):  $F_{\text{л}} = 4 \cdot \pi \cdot E \cdot L^2$ , лм (1.2)

где  $L$  – расстояние от тела накала до фотоэлемента, м;

в) световую отдачу, лм/Вт:  $H = \frac{F_{\text{л}}}{P_{\text{л}}}$ . (1.3)

Результаты проведенных опытов и расчетов

Замерено							Вычислено						
$U_C, В$	$U_C/U_H, \text{отн. ед.}$	$I, А$	$I/I_H, \text{отн. ед.}$	$P_L, Вт$	$P_L/P_H, \text{отн. ед.}$	$E, лк$	$E/E_H, \text{отн. ед.}$	$F, лм$	$F/F_H, \text{отн. ед.}$	$H, лм/Вт$	$H/H_H, \text{отн. ед.}$	$R, Ом$	$R/R_H, \text{отн. ед.}$

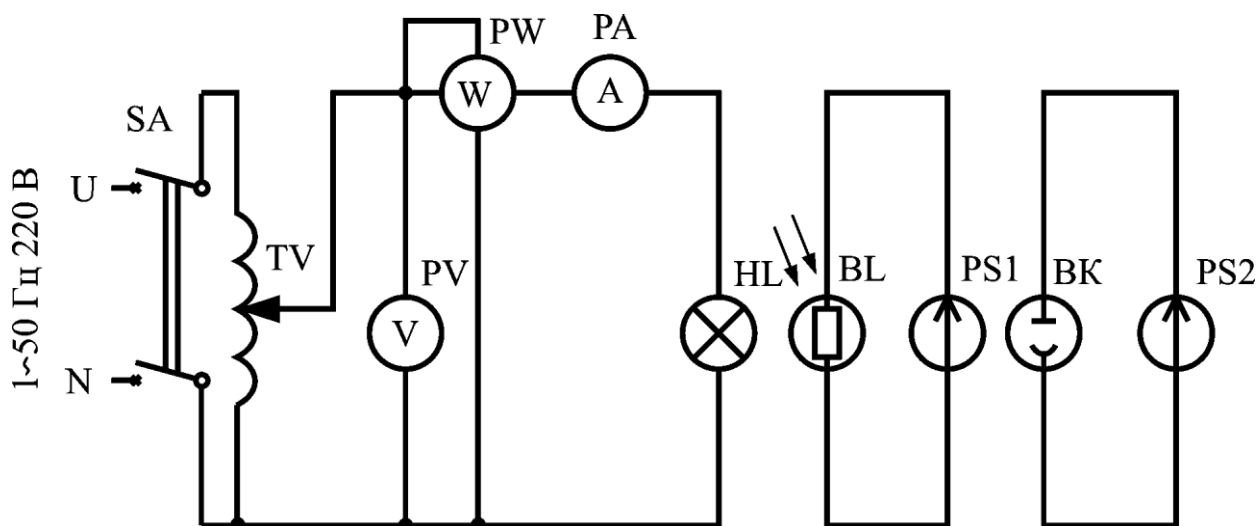


Рис. 1.1. Схема для снятия характеристик лампы накаливания

Результаты вычислений заносят в таблицу 1.1.

Световой к.п.д. лампы определяют по формуле:  $\eta = \frac{\eta_L}{683} = \frac{F_L}{683 \cdot P_L}$ . (1.4)

Зона максимума определяется по уравнению Вина, нм:

$$\lambda_{max} = \frac{0,2897 \cdot 10^7}{T}, \quad (1.5)$$

где T – абсолютная температура,  $^{\circ}К$ .

Замеренные и вычисленные величины удобно представить в относительных величинах, т.е. в долях номинальных значений этих величин для  $U=U_H$ .

По данным таблицы 6.1 в относительных единицах строят зависимости тока  $I_L$ , мощности  $P_L$ , сопротивления  $R_L$ , светового потока  $F_L$ , светоотдачи  $H$  от напряжения на лампе  $U_L$ . Из таблицы 6.2 на этот график наносят кривую зависимости срока службы лампы от напряжения и сравнивают полученные данные с литературными.

Таблица 1.2

Данные для построения кривой зависимости срока службы лампы

Напряжение на лампе, % от $U/U_H$	90	95	100	105	110	115	120	125	130
Средний срок службы лампы, % от паспортного	360	180	100	60	35	20	12	7	4

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите основные причины снижения светового потока лампы накаливания к концу ее службы.
2. Пользуясь уравнением Вина определите, при какой температуре нити к.п.д. лампы будет максимальным.
3. Объясните, почему при питании лампы накаливания переменным током мы не наблюдаем стробоскопического эффекта.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Электрическая схема исследования ламп накаливания, таблицы результатов измерения и примеры расчетов.
3. Выполнение графиков в масштабе  $I_L, P_L, T, R_L, F_L, H = f(U_L)$ .

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТИЛЬНИКОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ ОПЫТНЫМ И РАСЧЕТНЫМ ПУТЕМ

##### Цель работы:

Изучение конструкций светильников, их основных характеристик и области их применения. Определение освещенности опытным и расчетным путем. Изучение конструкции люксметра и пиранометра Янышевского.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство светильников.
2. Ознакомиться с кривыми светораспределения.
3. Определить защитный угол светильника.
4. Выяснить область применения различных типов светильников.
5. Изучить конструкцию люксметра, пиранометра Янышевского.
6. Освоить методику и определить освещенность опытным путем в заданных точках.
7. Освоить методику определения прямой и отраженной составляющей освещенности расчетным путем и расчет освещенности в тех же точках.
8. По результатам опытов построить кривую распределения силы света светильника (по указанию преподавателя)  $I_{\alpha} = f(\alpha)$ .

## КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Совокупность источника света и устройства, служащего для крепления, включения в сеть, перераспределения светового потока, ограничения слепящего действия и защиты от воздействия окружающей среды называется осветительными приборами (светильники).

Совокупность приспособлений и устройств к источнику света принято называть осветительной арматурой.

Осветительные приборы принято подразделять на две группы:

1. Осветительные приборы ближнего действия – светильники.
2. Осветительные приборы дальнего действия – прожекторы.

Светильники классифицируются по следующим признакам:

1. По конструктивному исполнению.
2. По целевому назначению.
3. По светораспределению.

По конструктивному исполнению светильники подразделяются:

1. Открытые светильники.
2. Защищенные светильники.
3. Влагозащищенные светильники – основные детали их выполнены из материалов, противостоящих действию влаги.
4. Пыленепроницаемые светильники.
5. Взрывозащищенные светильники.

По целевому назначению:

1. Светильники общего назначения.
2. Светильники местного освещения.

По светораспределению:

1. Светильники прямого света.
2. Светильники отраженного света.
3. Светильники рассеянного света.

Основными характеристиками светильников являются:

1. Светораспределение (кривые силы света, или кривые освещенности).

2. Коэффициент полезного действия.
3. Защитный угол.

Коэффициент полезного действия светильника – это отношение светового потока светильника к световому потоку источника света.

$$\eta = \frac{F_{\text{СВ}}}{F_{\text{Л}}} \cdot 100 \% . \quad (2.1)$$

Величина к.п.д. светильника характеризует его экономичность и зависит от материала осветительной арматуры и конструкции светильника в целом.

Защитный угол – это угол, заключенный между горизонталью, проходящей через тело накала лампы к линии, соединяющей крайнюю точку тела накала с противоположным краем отражателя. Его можно определить из геометрических измерений (рис.7.2.).

$$\gamma = \arctg \frac{2 \cdot h}{D + d}, \text{ град.} \quad (2.2)$$

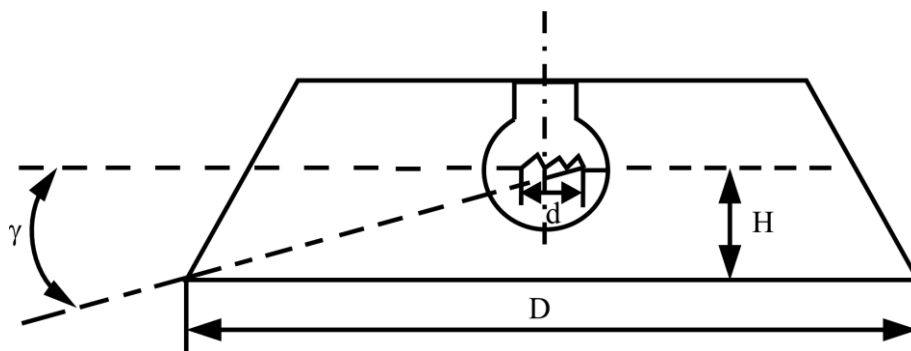


Рис. 2.1. Определение защитного угла

Защитный угол применяемых светильников обычно составляет:  $\gamma = 12^{\circ} - 40^{\circ}$ .

#### а) Методика определения силы света и построение КСС

Распределение силы света в пространстве задается продольной кривой светораспределения. Эта кривая получается в результате сечения фотометрического тела плоскостью, проходящей через ось светильника. Эта плоскость называется продольной плоскостью.

Для снятия кривой светораспределения светильника нужно:

1. Измерить освещенность в плоскости, перпендикулярной световому потоку  $E_1$ .
2. Сила света в данном направлении определяется:

$$I_{\alpha} = \frac{E_1 \cdot \ell^2}{\cos \beta}, \text{ кд,} \quad (2.3)$$



где  $E_1$  – освещенность в плоскости, перпендикулярной световому потоку в данном направлении, лк;  $l$  – расстояние от источника света до места замера освещенности, см;  $\beta$  – угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности в точке измерения (рис. 2.2).

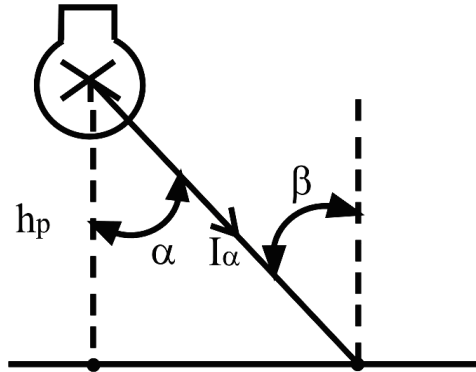


Рис. 2.3. Освещенность элемента поверхности

3. Полученную силу света привести к условному источнику света со световым потоком, равным 1000 лм, по формуле:

$$I_{\alpha}^{1000} = I_{\alpha} \frac{1000}{F_{\text{л}}}, \text{ кд}, \quad (2.4)$$

где  $F_{\text{л}}$  – световой поток лампы, лм;  $I_{\alpha}$  – действительная сила света, кд.

Для лампы 150 Вт, 220 В –  $F_{\text{л}}=2000 \div 2100$  лм.

Для лампы 100 Вт, 220 В –  $F_{\text{л}}=1350 \div 1450$  лм.

Для лампы 60 Вт, 220 В –  $F_{\text{л}}=715 \div 790$  лм.

Результаты замеров свести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты проведенных опытов и расчетов

№ п/п	Расчетные данные					Справочные данные	
	$\beta$ , град	$l$ , см	$E$ , лк	$I_{\alpha}$ , кд	$I_{\alpha}^{1000}$ , кд	$I_{\alpha}^{1000}$ , кд	$\beta$ , град
1							
2							
3 и т.д							

Справочные данные брать из литературы (Кнорринг Г.М. и др.).

По результатам расчета построить КСС, используя расчетные данные и справочные данные.

## б) Методика определения освещенности расчетным путем

Расчет предусматривает отдельные определения прямой и отраженной составляющей освещенности. В общем случае освещенность  $E$  может рассматриваться как сумма двух составляющих – прямой и отраженной:

$$E = E_{\text{пр}} + E_{\text{ро}}, \text{ лк.} \quad (2.5)$$

Для этого в помещении на определенной плоскости выбирают три точки и проводятся соответствующие расчеты, результаты сводят в таблицу 2.2.

Прямая составляющая освещенности в горизонтальной плоскости может быть определена по формуле:

$$E_{\text{пр}} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h_p^2 \cdot k_3}, \text{ лк,} \quad (2.6)$$

где  $I_{\alpha}$  – сила света в данном направлении, кд;  $k_3$  – коэффициент запаса (для данного помещения, 1,3);  $\alpha$  – угол между вертикальной осью светильника и направлением силы света, град;  $h_p$  – расчетная высота (от светильника до расчетной плоскости), м.

Значение  $I_{\alpha}$  дается для светильников со световым потоком условной лампы в 1000 лм, поэтому значение  $I_{\alpha}^{1000}$  следует пересчитать на действительный световой поток лампы:

$$I_{\alpha} = I_{\alpha}^{1000} \frac{F_{\text{лд}}}{1000}, \text{ кд,} \quad (2.7)$$

где  $F_{\text{лд}}$  – действительный световой поток лампы, лм.

Отраженная составляющая может быть определена по формуле:

$$E_{\text{ро}} = \frac{N \cdot F_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} \cdot \eta \cdot \xi \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot U}{S_p \cdot k_3 \cdot [1 - \rho_{\text{ср}} \cdot (1 - U)]}, \text{ лк,} \quad (2.8)$$

где  $N$  – число светильников;  $F_{\text{л}}$  – световой поток лампы, лм;  $n_{\text{л}}$  – количество ламп в светильнике;  $\eta$  – к.п.д. светильника;  $\xi$  – доля потока, падающая на отраженную поверхность;  $\rho_{\text{ср}}$  – среднее значение коэффициента отражения;  $U$  – доля отраженного потока, падающего на пол;  $S_p$  – расчетная площадь, м<sup>2</sup>.

Доля потока, падающего на отраженную поверхность, определяется по формуле:

$$\xi = 1 - \frac{k_3}{n \cdot F_{\text{св}} \cdot h_p \cdot \sum_1 E_p \cdot S_p}, \quad (2.9)$$

где  $n$  – число контрольных точек;  $F_{\text{св}}$  – световой поток светильников, лм.

Доля отраженного потока, падающего на пол или расчетную поверхность, определяется по формуле:

$$U = \frac{A \cdot B}{1 + 2 \cdot H \cdot (A + B)}, \quad (2.10)$$

где  $H$  – высота помещения, м;  $A, B$  – ширина и длина помещения, м.

Среднее значение коэффициента отражения определяется по формуле:

$$\rho_{\text{CP}} = \frac{\rho_{\text{CT}} \cdot S_{\text{CT}} + \rho_{\text{ПОТ}} \cdot S_{\text{ПОТ}}}{S_{\text{CT}} + S_{\text{ПОТ}}}, \quad (2.11)$$

где  $\rho_{\text{CT}}$  – коэффициент отражения стен, равен 0,5;  $S_{\text{CT}}$  – площадь стен, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{ПОТ}}$  – площадь потолка, м<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{ПОТ}}$  – коэффициент отражения потолка, равен 0,7.

Таблица 2.2

Замеры и результаты расчетов

Показатели	Тип светильников		
	точка 1	точка 2	точка 3
A, м			
B, м			
H, м			
F <sub>Л</sub> , лм			
d, м			
h <sub>Р</sub> , м			
α, град			
cos <sup>3</sup> α			
I <sub>α</sub> <sup>1000</sup> , кД			
I <sub>α</sub> , кД			
E <sub>ПР</sub> , лк			
η			
ξ			
U			
E <sub>РО</sub> , лк			
E <sub>ОПЫТ</sub> = E <sub>РП</sub> + E <sub>РО</sub> , лк			

$d$  – расстояние от точки проекции светильника до измеряемой точки, м.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем разница между пиранометром Янышевского и люксметром?
2. Что понимается под классом светильника?
3. Какие типы светильников с лампами накаливания используются в животноводческих помещениях?
4. Перечислить типы приборов, которые используются для измерения УФ, ИК и видимого излучения.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Основные понятия о световых и осветительных приборах.
3. Классификация светильников.
4. Эскизы светильников.
5. Продольные кривые светораспределения силы света в пространстве  $I_{\alpha}=f(\alpha)$  для основных типов светильников.
6. Порядок снятия расчета и построения продольной кривой распределения силы света светильников. Численный пример расчета.
7. Основные характеристики светильников. Численный пример расчета определения к.п.д. светильника.
8. Изложение принципов светотехнических измерений.
9. Изобразить схему люксметра и пиранометра Янышевского.
10. Описать методику измерения освещенности с помощью люксметра.
11. Описать методику определения освещенности опытным путем.
12. Таблица замеров и расчетных данных.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

#### ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП ПРИ ИНДУКТИВНОМ И АКТИВНОМ БАЛЛАСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯХ

##### Цель работы:

Изучить конструкцию, схемы включения, назначение отдельных элементов схемы и работу люминесцентных ламп.

##### Порядок выполнения работы:

1. Изучить конструкцию люминесцентных ламп.
2. Изучит схемы включения и назначение отдельных элементов их.
3. Произвести соответствующие замеры и определить коэффициент искажения и коэффициент мощности при активном, индуктивном, емкостном балластных сопротивлениях.
4. Составить отчет по работе.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Схема включения люминесцентной лампы в сеть переменного тока с активным (лампа накаливания) и индуктивным балластным сопротивлением (дросселем и стартером (рис. 3.1)).

Конструктивно люминесцентная лампа низкого давления представляет собой стеклянную трубку, длина и диаметр которой определяются мощностью и напряжением лампы. По обоим концам трубки в цоколе

укреплены вольфрамовые биспиральные электроды, покрытые тонким слоем бария для облегчения эмиссии электронов. Внутренняя поверхность трубки покрывается тонким слоем светосостава. После откачки воздуха внутрь лампы вводится дозированное количество ртути и под небольшим давлением - аргон для облегчения зажигания лампы.

С исправленной цветопередачей типа ЛДЦ имеет следующие спектральные данные (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Спектральные данные лампы дневного света

Название группы волн	Фиолетовые	Синие	Голубые	Зеленые	Желтые	Оранжевые	Красные
Длина волн, нм	380-420	420-460	460-510	510-560	560-610	610-660	660-760
Световой поток, %	0,017	0,98	8,1	45,8	39	8	0,2

Люминесцентные лампы, как и всякие газоразрядные приборы, обладают падающей вольт амперной характеристикой и могут устойчиво работать только при наличии балластного сопротивления. Таким сопротивлением является обычно индуктивное сопротивление - дроссель. При работе лампы дроссель ограничивает величину разрядного тока и помимо этого предназначен для создания импульса повышения напряжения при зажигании разряда.

Стартер представляет собой маленькую лампу тлеющего разряда. Один из электродов ее сделан в виде согнутой биметаллической пластинки. В нормальном состоянии контакты стартера разомкнуты. Стартеры бывают и других типов: биметаллический с нагревателем, электромагнитный. Конденсатор в стартере служит для уменьшения радиопомех. Этапы зажигания люминесцентной лампы следующие.

1-ый этап. При включении схемы в сеть стартер оказывается под полным напряжением сети, т.к. практически по цепи ток не протекает, и падения напряжения на дросселе нет. В нем возникает тлеющий разряд. Выделяющееся при этом тепло нагревает биметаллическую пластинку, пластинка выгибается и замыкается с другим электродом.

2-ой этап. Тлеющий разряд прекращается, а по замкнутой цепи протекает пусковой ток, нагревающий электроды лампы до температуры 800-1000 °С. Возникающая термоэлектронная эмиссия облегчает зажигание разряда, которое происходит после размыкания охладившихся контактов стартера.

3-ий этап. При разрыве цепи многовитковой обмотки дросселя возникает э.д.с. самоиндукции, которая создает достаточный потенциал для зажигания лампы. Если лампа не загорелась, процесс автоматически повторяется, и через несколько секунд (3-5) лампа загорится. После возникновения устойчивого разряда в лампе напряжение на ней, а, следовательно, и на стартере, равно половине сетевого. Этого напряжения недостаточно для возникновения тлеющего разряда в стартере, а лампа продолжает устойчиво работать.

Работа люминесцентных ламп возможна с активным балластным сопротивлением. Потери мощности в балластном сопротивлении составляют 50-60%. Однако такая схема является целесообразной, т.к. мощность, выделенная в балластном сопротивлении, может быть использована. Если, например, в качестве балластного сопротивления включить надлежащим образом выбранную лампу накаливания (ток люминесцентной лампы должен быть равен току лампы накаливания, а напряжение лампы накаливания равно 0,5 напряжения сети), то получим комбинированные лучистые потоки, которые могут быть использованы для выращивания растений в теплицах.

Возможно большое число схем комбинированного освещения. Все они отличаются только способом зажигания разряда в люминесцентной лампе. Для зажигания разряда используется обычный для данного типа ламп дроссель. После зажигания разряда дроссель отключается, люминесцентная лампа работает с активным балластным сопротивлением - лампой накаливания.

Коэффициент мощности схемы с дросселем равен:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{л}} + P_{\text{др}}}{U_{\text{с}} \cdot I_{\text{л}}}, \quad (3.1)$$

где  $P_{\text{л}}$  – мощность лампы, Вт;  $P_{\text{др}}$  – мощность, теряемая в дросселе, Вт;  $U_{\text{с}}$  – напряжение в сети, В;  $I_{\text{л}}$  – ток лампы, А.

Искажение формы кривой тока и напряжения на лампе приводит к тому, что активная мощность тока, измеренная ваттметром, меньше кажущейся и зависит от величины коэффициента искажения, который определяется:

$$K_{\lambda} = \frac{P_{\text{л}}}{I_{\text{л}} \cdot U_{\text{л}}}. \quad (3.2)$$

Порядок работы со схемой следующий. Исходное положение – выключатели SA3 и SA разомкнуты, дроссель отключен. Выключателем SA4 лампа через дроссель включается через сеть и при помощи стартера автоматически зажигается. Выключатель SA3, установленный в цепь лампы накаливания, шунтирует дроссель. Отключается дроссель выключателем SA4.

Люминесцентные лампы обладают рядом достоинств, обеспечивающих их широкое применение.

1. Световая отдача ламп составляет 40-70 лм/Вт; для лампы накаливания мощностью 1000 Вт световая отдача составляет 18 лм/Вт.

2. Спектр излучения практически может быть любым в зависимости от состава люминофора.

3. Низкая температура стенок трубок (+40°C) позволяет применять их в специальных излучательных установках, например, для выращивания растений, помещая их непосредственно среди растений.

4. Срок службы люминесцентной лампы – 10 тыс. ч.

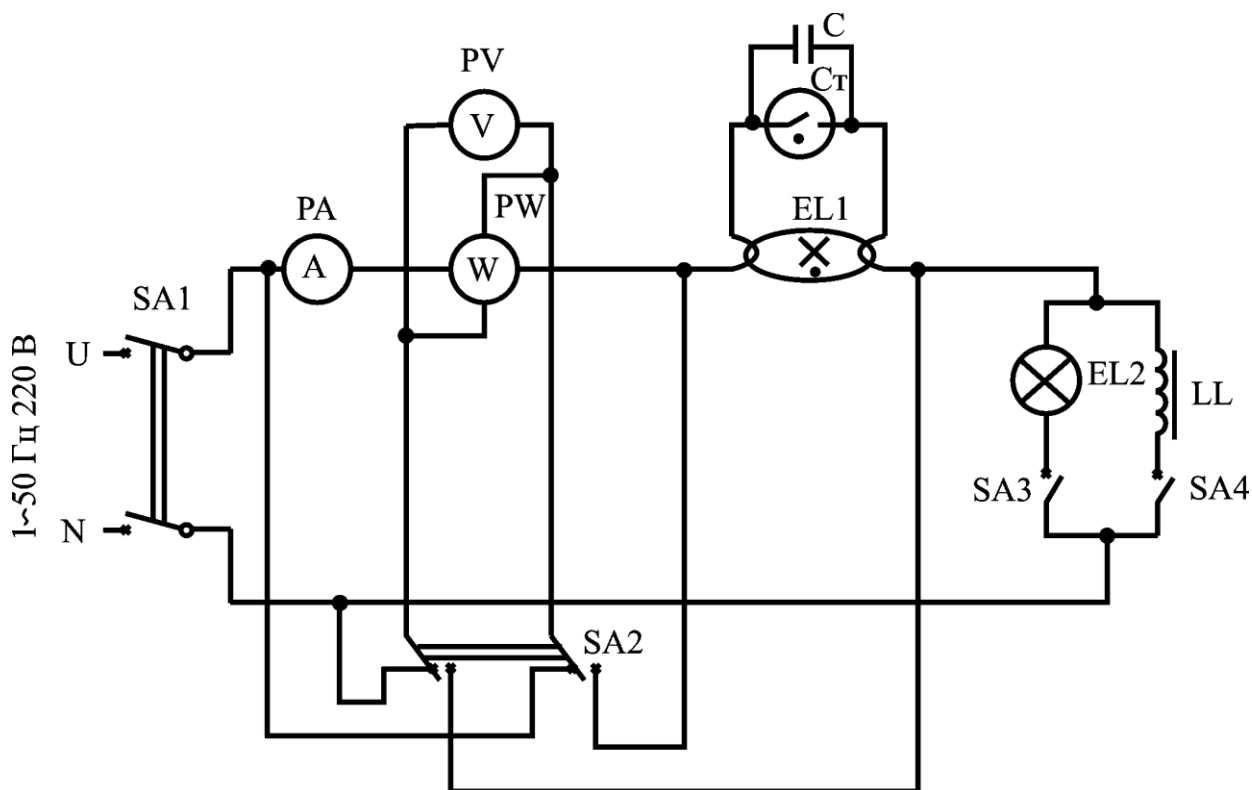


Рис. 3.1. Электрическая схема включения люминесцентной лампы в сеть переменного тока с активным и индуктивным балластным сопротивлением

Недостатки люминесцентных ламп следующие.

1. Малая мощность самих ламп, вследствие чего для освещения требуется устанавливать их в большом количестве.
2. Малая плотность лучистого потока - не более  $60 \text{ Вт/м}^2$  даже при сплошном потолке из ламп.
3. Световая отдача зависит от температуры окружающей среды. Напряжение зажигания зависит от относительной влажности среды.
4. Наличие стробоскопического эффекта.
5. Низкий коэффициент мощности, большой вес и высокая стоимость пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) резко увеличивает первоначальные затраты на устройство освещения.
6. Эксплуатационные расходы также выше, чем в установках с лампами накаливания.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

После изучения конструкции люминесцентной лампы и схемы ее включения собрать схему (рис. 3.1).

Для определения коэффициента искажения и коэффициента мощности всей схемы необходимо измерить мощность, потребляемую лампой и всей схемой, напряжение на лампе и сети, а также ток, потребляемый всей схемой.

Для замера мощности используют однофазный ваттметр, токовая обмотка которого включена последовательно в цепи схемы, а выводы

обмотки напряжения подключаются к переключателю SA2. Меняя положение SA2, измеряют мощность сети и лампы одним прибором. Подобным образом измеряют и напряжение с помощью одного прибора, подключенного параллельно обмотке напряжения ваттметра. Амперметр включен в цепь постоянно, т.к. все элементы схемы включены последовательно.

Измерение тока, напряжения и мощности, а также определение коэффициента искажения и  $\cos\varphi$  произвести при включенном активном и индуктивном сопротивлениях.

Каждый опыт повторить 3 раза. Результаты замеров и расчетов свести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Замеры и результаты расчетов

Балластное сопротивление	Номер опыта	Мощность лампы, Вт	Ток лампы, А	Напряжение на лампе, В	Коэффициент искажения	Мощность сети, В	Напряжение сети, В	Коэффициент мощности
Индуктивное	1							
	2							
	3							
Активное	1							
	2							
	3							

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Достоинства и недостатки люминесцентных ламп с активным балластом, с индуктивным балластом.
2. Как увеличить светоотдачу люминесцентной лампы?

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Принципиальные электрические схемы и их описание.
3. Таблицы результатов измерений электрических параметров и примеры расчета  $\cos\varphi$  и  $K_\lambda$ .

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4



# ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ С ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ ЛАМПАМИ

## Цель работы:

Знакомство с основными типами светильников с люминесцентными лампами, изучение схем включения.

## Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с конструкцией основных типов светильников.
2. Классификация светильников с люминесцентными лампами.
3. Основные светотехнические характеристики светильников.
4. Изучение различных схем включения люминесцентных ламп.
5. Определение cosφ светильников.
6. Составление отчета по работе.

## КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Светильники с люминесцентными лампами являются в настоящее время наиболее массовым видом осветительных приборов. Благодаря высокой экономичности и целесообразности люминесцентным ламп область их применения быстро расширяется, а номенклатура светильников и количественный их выпуск растут.

Люминесцентные лампы имеют по сравнению с лампами накаливания в 4-5 раз более высокую светоотдачу и в 5-8 раз более высокий срок службы. Одна люминесцентная лампа за срок своей службы создает в 20-40 раз больше световой энергии, чем лампа накаливания той же мощности.

Люминесцентные лампы отличаются от светильников с лампами накаливания значительно большей сложностью конструкции и электрической схемы, большим весом, размерами, стоимостью и несколько меньшей надежностью работы, что обусловлено специфическими особенностями самих люминесцентных ламп, т.к. для нормальной работы ламп требуется специальная пускорегулирующая аппаратура.

Как и светильники с лампами накаливания, светильники с люминесцентными лампами классифицируются по конструктивному исполнению.

Существующая классификация светильников, приведенная в правилах устройства электроустановок, предусматривает наличие следующих классов светильников:

- 1) открытые;
- 2) защищенные;
- 3) влагозащищенные;
- 4) закрытые;
- 5) пыленепроницаемые;
- 6) взрывозащищенные;
- 7) специальные.

Световой поток лампы почти равномерно распределяется по всем направлениям, тогда как обычно требуется сосредоточить его в определенных заданных направлениях, например, на рабочих поверхностях.

Кроме того, незащищенные для глаза поверхности ламп, обладающие значительной яркостью, вредно действуют на зрение. Для перераспределения светового потока в требуемом направлении и предохранения глаз от слепящего действия источника света, а также для защиты лампы от загрязнения, воздействия среды и механических повреждений служит осветительная арматура. Комплект из арматуры и лампы называется светильником. По характеру светораспределения светильники разделяются на пять групп (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Группы светильников по характеру светораспределения

Светораспределение светильника	Распределение светового потока, %	
	нижняя полусфера	верхняя полусфера
Прямое	90-100	10-0
Преимущественно прямое	60-90	40-10
Рассеянное	40-60	60-40
Преимущественно отраженное	10-40	90-60
Отраженное	0-10	100-90

Основными светотехническими характеристиками светильников являются их светораспределение, к.п.д., защитный угол.

Светораспределение светильников. Распределение светового потока в пространстве от светильников общего назначения, размеры которых значительно меньше расстояний от них до освещаемых поверхностей, характеризуется кривыми силы света.

Светильники с люминесцентными лампами имеют, как правило, светораспределение, симметричное относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей. Одна из этих плоскостей проходит через ось светильника параллельно осям ламп и называется главной продольной плоскостью.

Другая главная плоскость светильника проходит через середину его оси перпендикулярно главной продольной плоскости и называется главной поперечной плоскостью.

В справочной литературе даются кривые светораспределения в продольной и поперечной плоскостях.

Коэффициент полезного действия. Для оценки светильника с точки зрения его светотехнической и экономической целесообразности служит к.п.д., под которым понимается отношение величины светового потока светильника  $F_{СВ}$  к полному потоку помещенных в него ламп  $F_{Л}$ .

**Защитный угол.** Защитный угол светильника – угол, заключенный между горизонталью и линией, касательной к поверхности лампы и противоположному ей краю отражателя или экрана (рис. 4.1 а, б).

В отличие от светильников с лампами накаливания, защитные углы  $\beta$  и  $\beta'$  оказываются равными в различных плоскостях. Защитный угол, создаваемый экранирующей решеткой, определяется в общем случае выражением:

$$\beta = \arctg \frac{h}{d}, \quad (4.2)$$

где  $h$  – высота планок экранирующей решетки, м;  $d$  – сторона ячейки решетки в плоскости, в которой определяется защитный угол, м.

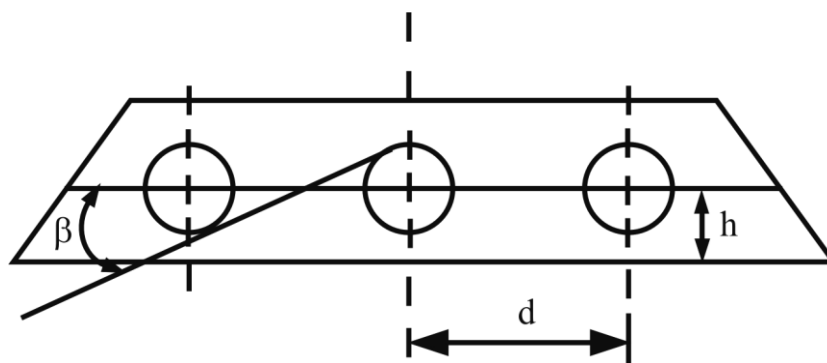


Рис. 4.1 а. Светильник рассеянного света без экранирующей решетки

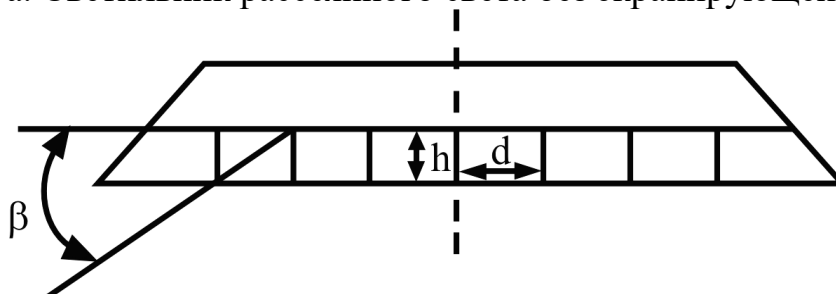


Рис. 4.1 б. Светильник прямого света с экранирующей решеткой.

Люминесцентная лампа может быть включена в электрическую сеть только с помощью пускорегулирующей аппаратуры, совокупностью всех элементов схемы включения лампы, обеспечивающих зажигание и нормальную работу ее. Обычно в качестве балластного сопротивления в люминесцентных лампах применяют индуктивные сопротивления (дрессели). Наличие дросселя в цепи создает очень низкий коэффициент мощности, равный 0,5; 0,6. Если не принять специальных мер для повышения коэффициента мощности, то ток в сети возрастает почти вдвое, а это потребует увеличения сечения проводов, размеров защитных и коммутационных аппаратов, а в отдельных случаях и мощности трансформаторов на подстанциях.

Согласно ПУЭ запрещается применение люминесцентных ламп, не укомплектованных индивидуальными устройствами для повышения коэффициента мощности, величина которого должна быть не ниже 0,95. Для повышения  $\cos \varphi$  в схемах включения применяются компенсирующие емкости (2-4 мкф) и специальные схемы включения. Наша промышленность

выпускает специальные компенсирующие пускорегулирующие аппараты, технические характеристики которых приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Основные технические данные наиболее распространенных пускорегулирующих аппаратов (ПРА)

Тип аппарата	Мощность ламп, Вт	Потери в аппарате, Вт	cos φ	Напряжение сети, В	Ток, потребляемый из сети, А
1УБИ-30/220	30	9,4	0,84	220	0,36
2УБК-20/220-АВП	2×20	12,5	0,95	220	0,25
2УБК-30/220-АВ	2×30	11,5	0,97	220	0,35
2УБК-40/220-АВП	2×40	16,0	0,96	220	0,46
2УБК-80/220-АВП	2×80	29,0	0,98	220	0,9

Примечание. Тип пускорегулирующего аппарата состоит из ряда цифровых и буквенных индексов. На первом месте стоит цифра, указывающая, какое количество ламп включается с аппаратом; на втором - буквенное обозначение.

УБ - стартерный аппарат; АВ – бесстартерный аппарат.

На третьем месте стоит буква, характеризующая сдвиг потребляемого аппаратом тока (И – индуктивный; К – компенсирующий).

На четвертом месте – дробь, где числитель- мощность лампы, знаменатель- напряжение сети.

В конце - буквенные индексы (А – антистробоскопический; Н – независимый; В – встроенный; П – с пониженным уровнем шума).

При питании газоразрядной лампы переменным током в каждый полупериод разряд зажигается и снова гаснет, в результате получается пульсация светового потока.

Освещение движущихся предметов пульсирующим световым потоком приводит к так называемому стробоскопическому эффекту, который выражается в искаженном представлении об истинном состоянии движения. Так, в отдельных случаях движущийся предмет кажется не подвижным, в других – движущимся в противоположном направлении.

Пульсация светового потока вредна и в тех случаях, когда мы ее не замечаем. Поэтому всегда следует ограничивать ее.

Простейшей мерой уменьшения глубины пульсации светового потока является включение ламп в разные фазы 3-фазной системы (рис. 4.3). Широко применяется включение ламп (люминесцентных по специальной 2-ламповой схеме с искусственным сдвигом фаз с «расщепленной фазой» (рис. 4.2)).

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Знакомство с конструкцией, классификацией светильников, светотехническими характеристиками по справочной литературе и по пособию к работе.

2. Для определения  $\cos \varphi$  светильников необходимо в одну из фаз включить амперметр, вольтметр и ваттметр.

Затем включить приборы во вторую фазу, потом – в третью, определяя  $\cos \varphi$  светильников, питающихся соответственно от второй и третьей фаз.

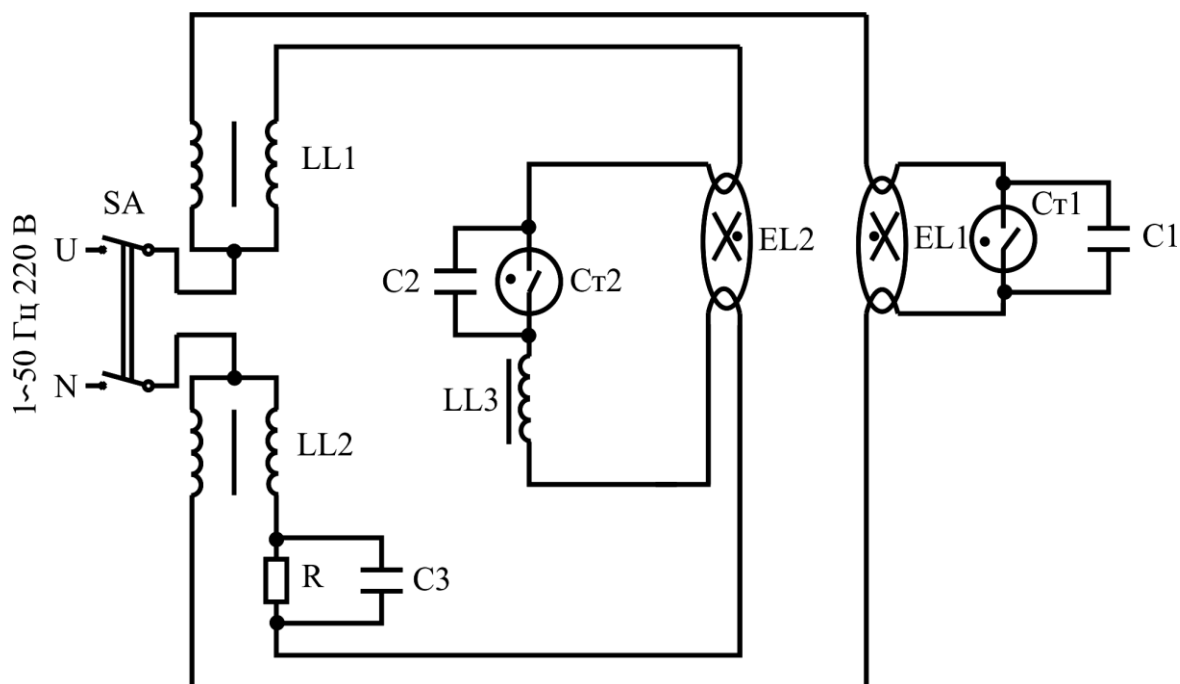


Рис. 4.2. Двухламповая схема включения с двумя УБК

Для определения  $\cos \varphi$  3-фазного светильника можно измерить ток, мощность одной фазы и напряжение.

Коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}. \quad (4.3)$$

Результаты замеров и расчеты свести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Замеры и результаты расчетов

№ п/п	Тип светильника	Число ламп	Напряжение сети, В	Сила тока, А	Мощность, Вт	Коэффициент мощности
1	ПЛ 6 x 40	6				
2	Л3 -34	3				
3	Л – 13 -34	2				
4	ЛД 2 x 40	2				
5	ОДР – 2 x 40	2				
6	ШОД -1-2 x 40	2				
7	ОВ – 1 x 40	1				
8	ПВЛ – 1 x 40	1				
9	Л – 4071 – 02	1				
10	ПЛ – 2 x 20	2				

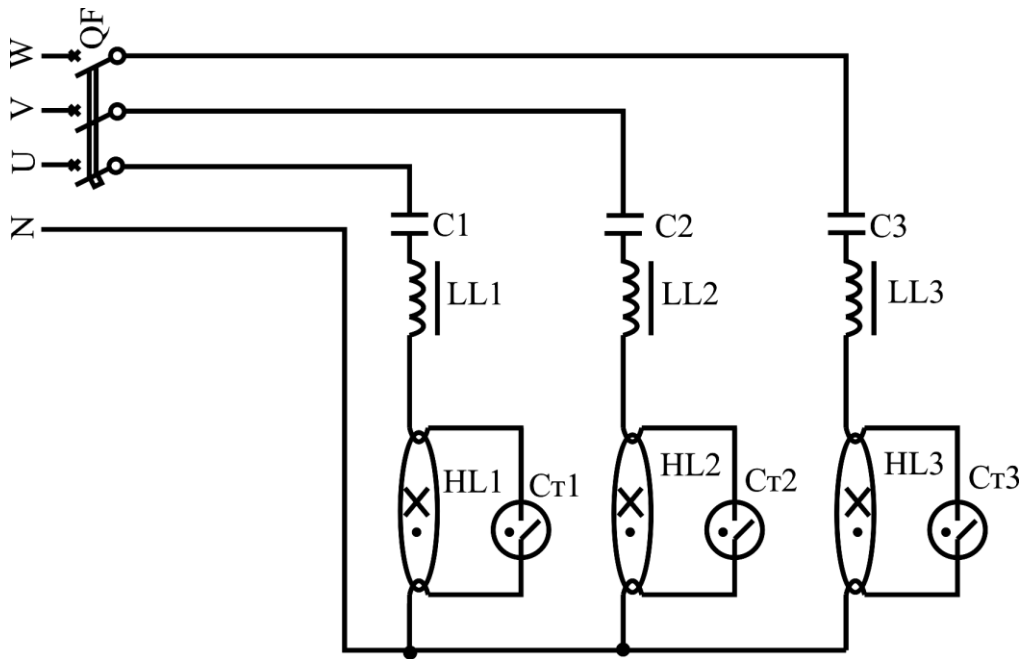


Рис. 4.3. Трехфазная схема включения люминесцентных ламп

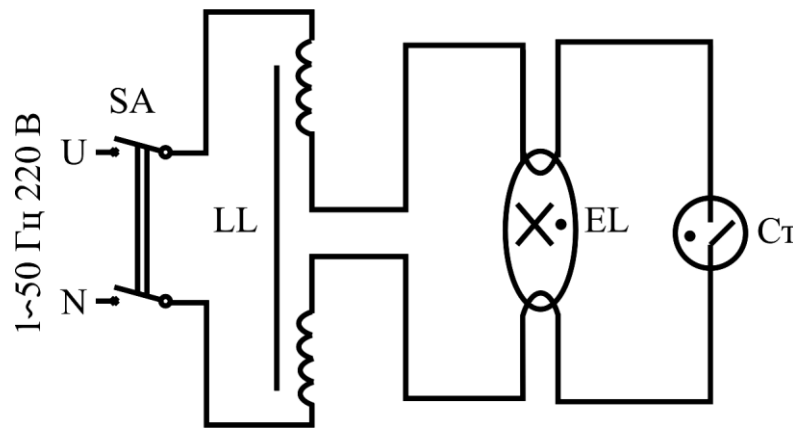


Рис. 4.4. Схема включения одной люминесцентной лампы

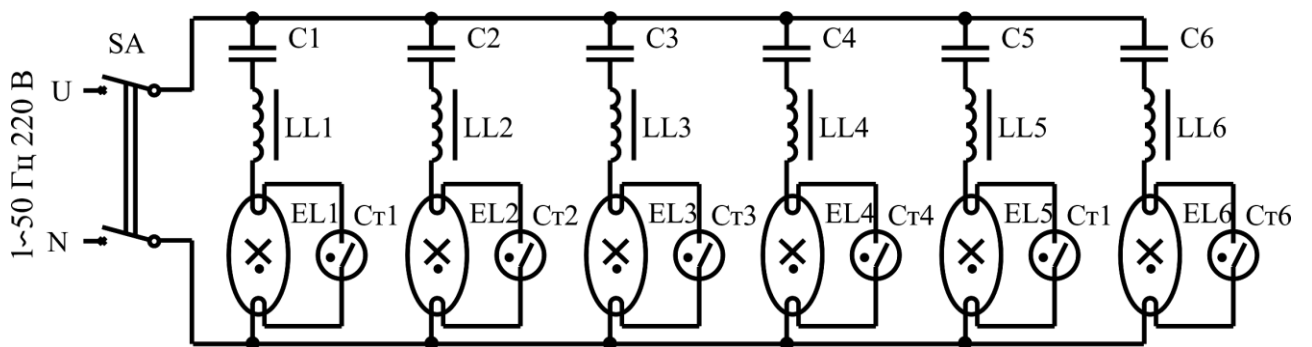


Рис 4.5. Шестиламповая схема включения люминесцентных ламп

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как повысить  $\cos\varphi$  одноламповой схемы включения люминесцентной лампы?
2. Типы ПРА.
3. Что такое стробоскопический эффект?
4. Как он влияет на зрение?

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Таблицы замеров и определение  $\cos\varphi$  для каждого светильника.
3. Классификация светильников с люминесцентными лампами:
  - а) по конструктивному исполнению;
  - б) по распределению светового потока.
4. Основные светотехнические характеристики светильников с люминесцентными лампами:
  - а) светораспределение;
  - б) защитный угол;
  - в) к.п.д. светильника.
5. Схемы включения различных типов светильников с люминесцентными лампами и особенности их работы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОЙ РТУТНОЙ ЛАМПЫ

#### Цель работы:

Изучение конструкции, принципа действия, режимов работы и опытное снятие основных параметров лампы ДРЛ.

#### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомление с конструкцией, принципом действия и правилами безопасности при работе с лампой ДРЛ-250.
2. Изучение методики опытного исследования и снятия следующих зависимостей:
  - а) измерение мощности, потребляемой из сети  $P_C$ , мощности лампы  $P_L$ , напряжения на лампе  $U_L$ , дросселе  $U_{др}$ , тока  $I$ , коэффициента мощности  $\cos\varphi$  в зависимости от времени в период разгорания лампы  $P_C$ ,  $P_L$ ,  $U_L$ ,  $U_{др}$ ,  $I$ ,  $\cos\varphi = f(T)$  и в зависимости от напряжения сети  $P_C$ ,  $P_L$ ,  $U_L$ ,  $U_{др}$ ,  $I$ ,  $\cos\varphi = f(U_c)$ ;
  - б) измерение напряжения лампы  $U_L$  от тока  $I$  ( $ВАХ U_L = f(I)$ ).
3. Используя опытные данные, определить коэффициент мощности установки.
4. Составить отчет.

## КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления типа ДРЛ с исправленной цветностью предназначены для освещения улиц и промышленных предприятий, где не требуется высокое качество цветопередачи.

Прямая ртутно-кварцевая горелка (трубка), находящаяся внутри баллона лампы, содержит дозированное количество ртути и аргона при давлении 80 мм рт. ст.

Горелка создает интенсивное ультрафиолетовое невидимое и голубовато-зеленое видимое излучение.

Ультрафиолетовое излучение поглощается люминофором, которым покрыта внутренняя стенка баллона лампы, и превращается в видимый свет. Свет сумеречного излучения близок к белому. Доля красного излучения 5-8%.

Некоторые технические данные для включения ламп ДРЛ приведены в таблице 5.1.

Стабилизация электрических и световых характеристик происходит в течение 10-15 мин. Повторное зажигание возможно после полного остывания лампы.

Таблица 5.1

Технические характеристики ламп ДРЛ

Тип	Число электродов	Мощность Вт	Рабочий ток, А	Световой поток, клм	Диаметр, мм	Длина, мм	Продолжительность горения, ч	Цоколь
ДРЛ-250	2	250	2	9,5	125	320	3000	E40
ДРЛ-500		500	4	21	145	360		
ДРЛ-750		750	6	33	170	390		
ДРЛ-1000		1000	8	16	200	440		
ДРЛ 80-2	4	80	0,8	205	72	165	Средняя 6000	P27
ДРЛ 125-2		125	1,15	5,2	77	184		
ДРЛ 250-3		250	2	11	91	227		
ДРЛ 400-2	4	400	3,2	19	122	292	Минимальная 2000	E40
ДРЛ 700-2		700	5,5	35	152	368		
ДРЛ 1000-3		1000	6	50	181	410		

При пониженной температуре окружающей среды для зажигания лампы требуется напряжение не менее 300 В. Это достигается применением в схеме трансформатора с большим магнитным рассеянием.

Для включения 4-электродных ламп ДРЛ предназначены балластные дроссели ДБ-125/230-Н-Т; ДБ-250/230-Н-Т; ДБ-700/220÷240-НП-Т; ДБ-1000/220÷240-НП-Т.

Аппаратура для включения 2-электродных ламп ДРЛ представлена в таблице 5.2.



Таблица 5.2

## Технические данные аппаратуры для включения 2-электродных ламп ДРЛ

Тип	Напряжение сети, В	Мощность лампы, Вт	Мощность потерь в ПРА, Вт	Коэффициент мощности	Габаритные размеры
АПН-250-ДРЛ/22	220	250	25	0,5	290×230×122
АПН-500-ДРЛ/220	220	500	35	0,5	340×230×122
АПН-750-ДРЛ/220	220	750	50	0,5	370×230×122
АПН-1000-ДРЛ/220	220	1000	60	0,5	376×230×122
ПРА-250/220-Н	220	250	22	0,57	285×185×108
ПРА-500/220-Н	220	500	38	0,57	350×185×108

Обозначение I АПИ расшифровывается так: аппарат пусковой одноламповый индуктивный; Н – для наружной установки.

Для включения 4-электродных ламп также можно использовать ПРА, предназначенные для 2-электродных ламп соответствующей мощности, но при условии обязательного исключения из схемы разрядника.

### МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучение конструкции, принципа действия лампы ДРЛ производится на лабораторной установке и по литературным источникам, а также по лабораторной работе.

Схема для снятия основных параметров лампы ДРЛ-250 приведены на рис. 5.1. Выделенные элементы в схему не подключать.

2. Снятие основных параметров лампы производится при напряжении питающей сети. Запись показаний измерительных приборов производится после зажигания лампы через каждую минуту до установившегося режима работы.

Результаты замеров  $P_C$ ,  $P_L$ ,  $U_C$ ,  $U_{ДР}$ ,  $I$  свести в таблицу 5.3.

Изменение напряжения питающей сети осуществляется с помощью лабораторного автотрансформатора (ТН).

Снятие основных параметров лампы ДРЛ при изменении напряжения питающей сети производится в пределах от 220 В до значения, при котором происходит погасание лампы. При этом снижение напряжения производится плавно и через каждые 10 В записываются показания измерительных приборов.

Таблица 5.3

## Измерение основных параметров ДРЛ-250 при зажигании

№ п/п	Время от момента зажигания Т, мин	Напряжение сети $U_C$ , В	Ток схемы I, А	Мощность сети $P_C$ , Вт	Мощность лампы, $P_L$ , Вт	Напряжение дросселе, В	Напряжение лампы $U_L$ , В	Коэффициент мощности установки
1								
2								
3 и т. д.								



Вольтамперная характеристика лампы ДРЛ-250

Напряжение на лампе $U_L$ , В							
Ток $I$ , А							

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какую мощность выпускают лампы ДРЛ 4- и 2-электродные?
2. Чем отличается схема включения 4-электродной лампы ДРЛ от 2-электродной? Почему?
3. Где нашли применение лампы ДРЛ?

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Краткие описания конструкции, принципа работы.
3. Электрическая схема опытного исследования, таблицы результатов измерений и примеры расчета.
4. Выполнение в масштабе графиков  $P_C$ ,  $P_L$ ,  $U_L$ ,  $I_L$ ,  $U_{др}$ .
5. ВАХ  $U_L = f(I)$  в период разгорания лампы ДРЛ-250 и при стационарном режиме лампы.
6. Примеры практического применения лампы ДРЛ.