

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

Институт энергетики и природопользования

Жиряков А.В., Иванюга М.М., Ковалев В.В., Яковенко Н.И.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ И ИЗЛУЧАЮЩИЕ  
УСТАНОВКИ**

Учебное пособие  
по выполнению лабораторных и практических работ  
для студентов направлений подготовки  
35.03.06 Агроинженерия  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Брянская область 2023

УДК 621.3 (076)  
ББК 31.294  
С 24

Светотехника и электротехнологии: учебное пособие по выполнению лабораторных и практических работ для студентов направлений подготовки 35.03.06 Агроинженерия, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств / А. В. Жиряков, М. М. Иванюга, В. В. Ковалев, Н. И. Яковенко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – 65 с.

Пособие для выполнения практических работ разработаны задания по расчету электрического освещения производственных, вспомогательных помещений методами, применяемые при современном проектировании электрического освещения. Пособие для выполнения лабораторных работ содержит краткие теоретические сведения по изучаемому материалу и выполнению работ, контрольные вопросы для проверки глубины усвоения материала, необходимые данные по оформлению отчета. Предназначено для использования студентами очной и заочной форм обучения направлений подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 35.03.06 Агроинженерия.

Рецензент: Безик В.А. – к.т.н. доцент кафедры Автоматики, физики и математики ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол № 5 от 28 февраля 2023 года.*

© Брянский ГАУ, 2023  
© Жиряков А.В., 2023  
© Иванюга М.М., 2023  
© Ковалев В.В., 2023  
© Яковенко Н.И., 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Порядок подготовки и выполнения работ .....	4
Практические работы .....	6
1. Определение нормированного минимального уровня освещенности помещений .....	9
2. Выбор источников света и светильников .....	10
3. Светотехнический расчет. Методы расчета электрического освещения .....	11
4. Метод коэффициента использования светового потока .....	12
5. Точечный метод расчета электрического освещения .....	15
6. Электрический расчет электроосвещения помещений .....	16
7. Расчет наружного освещения .....	17
Лабораторные работы .....	21
1. Исследование ламп накаливания .....	23
2. Исследование компактных галогенных ламп накаливания ...	29
3. Исследование разрядных ламп низкого давления .....	33
4. Изучение и исследование люминесцентных ламп с ЭПРА ...	37
5. Исследование разрядных ламп высокого давления .....	40
6. Исследование разрядных ламп высокого давления .....	43
7. Исследование разрядных ламп высокого давления .....	46
8. Управление электрическим освещением .....	49
9. Исследование инфракрасных излучателей .....	58
Литература .....	64

# **ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

## **Подготовка к выполнению работ**

1. До выполнения лабораторной работы каждый студент должен самостоятельно изучить теоретические сведения, схему лабораторной установки по графику проведения лабораторных работ.
2. Вычертить схемы опытов и таблицы для записей их результатов.

## **Допуск к выполнению работы**

1. Для выполнения первой лабораторной работы допускаются студенты изучившие цель, порядок выполнения работы и подготовившие схемы опытов и таблицы для записи результатов.
2. Для выполнения последующей работы студенты должны сдать преподавателю оформленный отчет по выполненной предыдущей работе и подготовиться к выполнению последующей работе по графику.

## **Выполнение работы**

1. Перед выполнением работы необходимо распределить обязанности между членами бригады.
2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки, приборами и аппаратами на стенде.
3. убедившись, что лабораторная установка отключена от электрической сети, приступить к сборке схем.
4. После окончания сборки схемы необходимо тщательно проверить соединения в соответствии со схемой лабораторной установки и схемой опыта.
5. Собранную схему следует предъявить преподавателю для получения разрешения на выполнения опытов.
6. Опыты следует производить в соответствии с порядком выполнения работы, приведенным в данном пособии.
7. При включении напряжения на стенд вводным выключателем необходимо следить за показаниями электроизмерительных приборов, которые помогают своевременно обнаружить неисправность. Отсутствие показаний вольтметра или амперметра указывают на неправильное их подключение или неправильное соединение элементов схемы.
8. При выполнении опытов необходимо следить, чтобы величины измеряемых параметров не выходили за пределы их номинальных данных.

9. После окончания опытов следует отключить вводной выключатель, но электрическую цепь не разбирать пока преподаватель проверит результаты опытов.

### **Проверка результатов опытов**

1. Результаты опытов в виде таблиц и графиков должны быть проверены преподавателем.

2. После проверки и утверждения преподавателем полученных результатов лабораторная работа считается выполненной.

### **Оформление и сдача отчета**

1. Отчет по лабораторной работе каждый студент выполняет в соответствии со структурой утвержденной преподавателем.

2. При защите отчета по лабораторной работе студенты должны пояснить цель работы, полученные данные результатов выполнения работы, ответить на контрольные вопросы.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

## Исходные данные

Для выполнения практических работ необходимо изучить исходные данные в которых приведены:

1. План помещений (рисунок 1).
2. Варианты заданий и геометрические размеры помещений (таблица 1).
3. Наименование помещений по вариантам заданий (таблица 2).

## Подготовка к работе

Перед выполнением практической работы необходимо получить номер варианта у преподавателя.

Вычертить план цеха по размерам в масштабе 1:100 или 1:200.

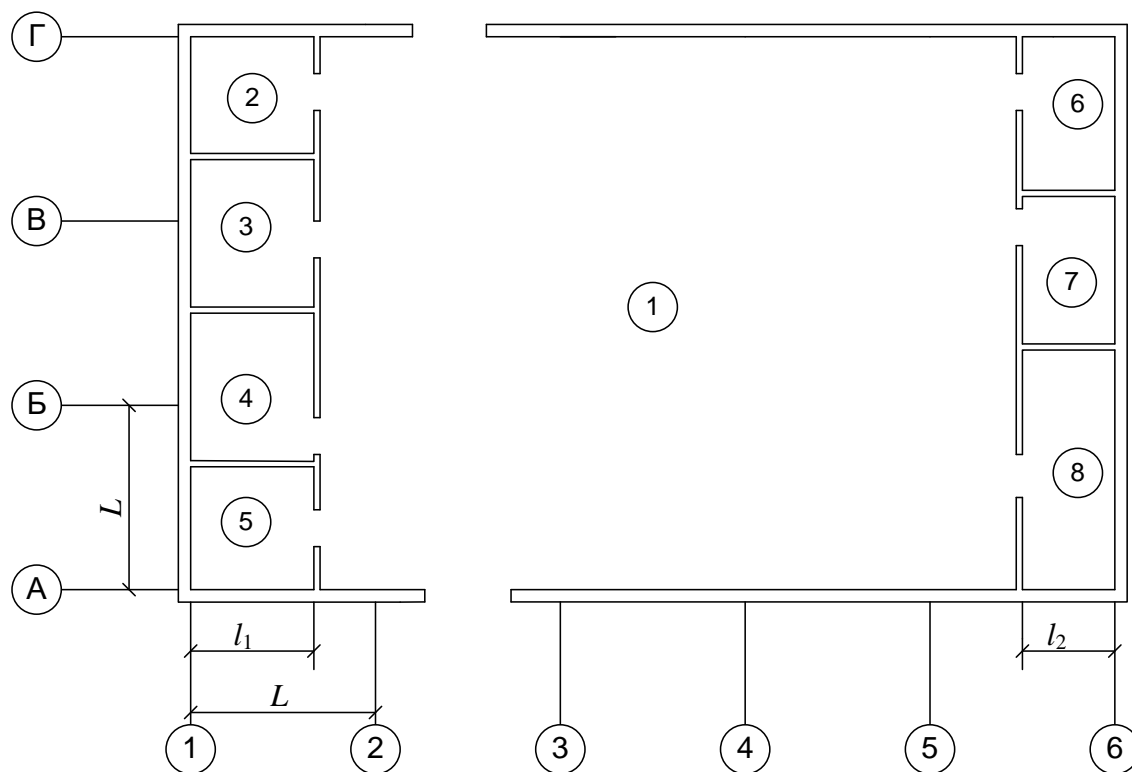


Рисунок 1. План помещений

Таблица 1

## Варианты задания и геометрические размеры помещений

Вариант	Размеры, м					
	$L$ , м	$l_1$ , м	$l_2$ , м	Высота, м		
				1	2, 3, 4, 5	6, 7, 8
1	6	4	3	7	3,0	3,3
2	6	5	4	6	3,3	3,0
3	6	6	4,5	6,6	2,9	2,9
4	6	5,5	4	7	3,2	3,2
5	6	4,5	4	7,6	3,5	4,0
6	6	5	4	9	3,2	3,2
7	6	4	3	7	3,0	3,3
8	6	5	4	9	3,5	3,2
9	6	6	3	7	3,0	3,3
10	6	4	3	7	3,0	3,3
11	6	5,5	4	7,6	3,0	3,3
12	6	4	4	7	3,0	3,3
13	6	6	4	6	3,2	3,4
14	6	3,6	5	7	3,0	3,3
15	6	5	4	7,0	3,3	3,2
16	6	4	3	7	3,0	3,3
17	6	5	4	7,0	3,2	3,6
18	6	3,8	4	7	3,0	3,3
19	6	5	3	7	3,0	3,3
20	6	5	4	7,7	3,4	3,2

Таблица 2

## Варианты задания и наименование помещений

Вариант	Наименование помещений							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Мех. цех	Кабинет		Лаборатория		Санузел		
2	РМЦ		Кабинет				Санузел	Лаборатория
3	Электроцех	Венткамера			Кабинет	Лаборатория		
4	Гараж	Кабинет			Санузел	Аккумуляторная		
5	Столярный цех				Санузел	Склад		Кабинет
6	Швейный цех	Санузел		Склад		Гладильное отд.		
7	Насосная				Кабинет	Электрощитовая		Склад
8	Компрессорная	Оператор	Кабинет	Кладовая				
9	Сборочный цех				Санузел	Мастерская		Склад
10	Ремонтный цех	Кабинет			Склад	Санузел		
11	Деревомодельный			.		Заточное отд	Кабинет	Склад
12	Механосборочный	Кабинет	Склад		КТП			
13	Энергоцех	Слесарная мастерская	Электрощитовая	Склад				
14	Литейный цех				КТП	Кабинет	Склад	
16	Механический цех	Кабинет	Склад	Электрощитовая				
17	Транспортный цех	Кабинет	Венткамера			Аккумуляторная		
18	Переработка молока	Кабинет	Лаборатория	Электрощитовая				
19	Хлебобулочный					Кабинет	Склад	Лаборатория
20	Инструментальный	Кабинет		Венткамера	санузел			



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### Тема: Определение нормированного минимального уровня освещенности помещений

**Цель работы:** Определить уровень освещенности и коэффициент запаса для помещений по варианту задания.

Исходные данные для выполнения практической работы представлены на рисунке 1, и в таблицах 1, 2.

**Задание для выполнения практической работы:** выбрать уровень нормированной освещенности для каждого помещения (рисунок 1) по варианту задания, определить коэффициент запаса.

#### Выполнение работы:

1. Произвести обоснование выбора освещенности и коэффициента запаса для помещений задания, пользуясь рекомендациями нормативного документа [2] и справочника [4].

2. После обоснования выбора уровней освещенности и коэффициентов запаса результаты выбора записать в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты выбора уровней освещенности и коэффициентов запаса

Номер	Наименование помещений	Освещенность $E_{\min}$ , лк	Коэффициент запаса
1			
2			
3			
4			

#### Контрольные вопросы

1. Уровень освещенности помещений приведенный в СНБ это минимальный, максимальный или средний?
2. Чем измеряется освещенность?
3. Можно ли увеличивать нормированный уровень освещенности?
4. Какие критерии определения коэффициента запаса?
5. Как влияет коэффициент запаса на освещенность помещений?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Тема: Выбор источников света и светильников

**Цель работы:** Обосновать выбор источников света и светильников для освещения помещений по варианту задания.

Исходные данные для выполнения практической работы представлены на рисунке 1 и в таблицах 1.1, 1.2.

**Задание для выполнения практической работы:** произвести выбор источников света и светильников для освещения помещений по варианту задания.

#### Выполнение работы:

1. Выбор и обоснование выбора источников света (ламп) и светильников для освещения помещений задания выполнить для каждого помещения пользуясь критериями изложенными на стр. 29 [8].

2. После обоснования выбора источников света и светильников для освещения помещений результаты выбора записать в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты выбора уровней освещенности и коэффициентов запаса

Номер	Наименование помещений	Тип ламп	Тип светильника
1			
2			
3			
4			

#### Контрольные вопросы

1. Назвать критерии выбора ламп накаливания.
2. Назвать критерии выбора люминесцентных ламп.
3. Назвать критерии выбора разрядных ламп ДРЛ.
4. Назвать критерии выбора разрядных ламп ДРИ.
5. Где целесообразнее применить разрядные лампы ДНаТ?
6. По каким критериям выбираются светильники?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### Тема: Светотехнический расчет.

### Методы расчета электрического освещения

**Цель работы:** Изучить метод удельной мощности расчета электрического освещения.

#### Задание для выполнения работы

1. Произвести расчет внутреннего электрического освещения методом удельной мощности.

Пользуясь методикой изложенной в [4] для вспомогательного помещения с невысоким уровнем освещенности произвести расчет количества и мощности ламп методом удельной мощности.

Коэффициенты отражения потолка, стен, рабочей поверхности определить самостоятельно, пользуясь рекомендациями, изложенными на стр. 35 [7].

Удельную мощность определить по таблице П.12 [7] в зависимости от уровня нормированной освещенности, типа источника света и светильника, геометрических размеров помещений и коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности.

Результаты расчета записать в таблицу 3.1.

2. Проанализировать, как влияют высота подвеса светильников и коэффициенты отражения потолка, стен, рабочей поверхности на количество и мощность ламп, требуемых для создания нормированного уровня освещенности в помещении.

Результаты расчета записать в таблицу 3.2.

Высоту свеса светильников принять равную: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 м.

#### Выполнение работы

После произведенных расчетов результаты записать в таблицы 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Результаты расчета

Высота помещения $h$ , м	Площадь $S$ , м <sup>2</sup>	Удельная мощность, $P_{\text{оа}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Мощность ламп, Вт	Количество ламп, шт

## Результаты расчета

Высота свеса светильника $h_{\text{на}}$ , м	Мощность ламп, Вт	Количество ламп, шт.
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		

**Контрольные вопросы**

1. Когда применяется метод удельной мощности для расчета электрического освещения?
2. Как влияет высота свеса светильников на количество и мощность ламп?
3. Почему при определении удельной мощности учитываются и коэффициенты отражения потолка, стен, рабочей поверхности?
4. Для каких помещений рекомендуется рассчитывать количество и мощность ламп?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4****Тема: Метод коэффициента использования светового потока**

**Цель работы:** Изучить метод коэффициента использования светового потока.

**Задание для выполнения работы:**

1. Произвести расчет внутреннего освещения помещений методами коэффициента использования светового потока.

Размеры помещений принять по варианту задания.

**Выполнение работы**

1. Коэффициенты отражения потолка, стен, рабочей поверхно-

сти ( $\rho_i$ ,  $\rho_c$ ,  $\rho_p$ ) определить самостоятельно, пользуясь рекомендациями, изложенными в [4, 9].

Коэффициент использования светового потока можно определить по таблице П.11 [7] в зависимости от выбранных типа источника света и светильника, индекса помещений и коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности.

Индекс помещения можно вычислить по выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4.1)$$

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

$h$  – расчетная высота подвеса светильников над освещаемой поверхностью, м.

Приблизительные значения коэффициентов отражения можно определить по следующим рекомендациям:

- побеленный потолок и стены – 80...70 %;
- побеленный потолок, стены окрашены в светлые тона – 50 %;
- бетонный потолок, стены оклеены светлыми обоями, бетонные стены – 30 %;
- стены и потолки в помещениях оштукатуренные, темные обои – 10 %.

Для основного производственного помещения (на плане номер 1) и вспомогательных помещений произвести расчет светового потока ламп, необходимых для создания требуемого уровня освещенности по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (4.2)$$

где  $E$  – заданная минимальная нормируемая освещенность, лк;

$k$  – коэффициент запаса (принимается 1,3...2,0);

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$z$  – отношение  $E_{cp}/E_{min}$  (неравномерность освещения принимается 1,15 – для ламп накаливания и ДРЛ; 1,1 – для люминесцентных ламп);

$n$  – число светильников (как правило, намечается до расчета);

$\eta$  – коэффициент использования, о.е.

2. Проанализировать, как влияет индекс помещения и высота свеса светильников на количество и мощность ламп.

3. Результаты расчета записать в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

## Результаты расчета

Наименование помещений	Индекс помещения, $i$	Коэффициент отражения			Коэффициент использования светового потока	Световой поток, $\Phi$ , лм	Световой поток лампы, $\Phi_{\text{л}}$ , лм	Количество, тип и мощность ламп
		$\rho_{\text{т}}$	$\rho_{\text{с}}$	$\rho_{\text{р}}$				

4. Размещения светильников на плане помещения выполнить равномерно по углам прямоугольника или в шахматном порядке.

Намечаем размещение светильников на плане помещения по углам прямоугольника.

Определим высоту подвеса светильников в помещении

$$H_{\text{р}} = H - (h_{\text{с}} + h_{\text{р}}). \quad (4.3)$$

Определим число рядов светильников

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1. \quad (4.4)$$

Определить число светильников в ряду

$$N_{\text{R}} = \frac{A - 2l}{L} + 1. \quad (4.5)$$

Полученные результаты округляются до ближайшего целого числа и пересчитываются реальные расстояния:

– между рядами светильников

$$L_{\text{B}} = \frac{B - 2l}{R - 1}; \quad (4.6)$$

– между светильниками в ряду

$$L_{\text{A}} = \frac{A - 2l}{N_{\text{R}}}. \quad (4.7)$$

### Контрольные вопросы

1. Что определяется по методу коэффициента использования светового потока?
2. Для чего при определении светового потока требуемого для создания нормированного уровня освещенности помещений определяются коэффициенты отражения потолка, стен, рабочей поверхности?

3. Что определяет индекс помещения?
4. По методу коэффициента использования определяется световой поток, для освещения какой поверхности: горизонтальной, вертикальной, наклонной?
5. Для чего в расчет вводится расчетная высота установки светильников?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### Тема: Точечный метод расчета электрического освещения

**Цель работы:** Изучить точечный метод расчета электрического освещения.

#### Задание для выполнения работы

Произвести расчет электрического освещения точечным методом.  
Выполнить проверку освещенности в наиболее удаленной слабоосвещенной точке основного производственного помещения.

В качестве исходных данных для расчета использовать результаты расчета задания практической работы № 4.

#### Выполнение работы

1. Определить расстояние  $d$  проекции светильников до намеченной точки, в которой определяется освещенность точки.
2. По кривым равной освещенности (изолюксам) стр. 38 [7] для выбранного типа светильников определить значения условных освещенностей и записать в таблицу 5.1.
3. Определить сумму условных освещенностей  $\sum e$ .
4. Определить фактическую освещенность в контрольной точке по формуле:

$$E_A = \frac{\Phi_{л} \cdot \mu \cdot \sum e}{1000 \cdot K_3}, \quad (5.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент, учитывающий освещенность от удаленных источников света, принимается равным 1,1, ..., 1,2.

Таблица 5.1

## Значения условных освещенностей

Номер светильника на плане	Расстояние от проекции $d$ , м	Условная освещенность, $e$ , лк
1		
2		
3		
4		
		$\sum e$

**Контрольные вопросы**

1. На какой поверхности горизонтальной, вертикальной, наклонной определяется освещенность точечным методом?
2. Точечным методом расчета пользуются при проектировании новых помещений, существующих, стоящихся.
3. Какие методы применяются для расчета освещения помещений люминесцентными лампами?
4. В каких единицах измеряется световая отдача?
5. В каких единицах измеряется условная освещенность?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6****Тема: Электрический расчет электроосвещения помещений**

**Цель работы:** Изучить условия выбора проводов (кабелей) и защиту осветительной сети.

**Задание для выполнения практической работы:**

Выполнить электрический расчет электроосвещения помещений по данным светотехнического расчета:

1. Составить расчетную схему осветительной сети.
2. Рассчитать сечение жил проводов (кабелей) по допустимому нагреву и по потере напряжения.
3. Выбрать марку проводов (кабелей) и способ прокладки.
4. Выбрать аппараты защиты осветительной сети.



## Выполнение работы

Методические указания и пример выполнения приведены на стр. 61 [7].

Результаты расчета записать в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

### Результаты электрического расчета

Номер и тип щитка	Тип автомата, $I_{\text{н.д.а.н.}}$ , А	Номер группы	Нагрузка			Марка и сечение провода (кабеля)	Способ прокладки	Момент, кВт·м	Потеря напряжения, $\Delta U$ , %	Распределение по фазам
			$P_{\text{д.а.н.}}$ , Вт	$I_{\text{д.а.н.}}$ , А	$\cos\varphi$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

## Контрольные вопросы

1. Какие потери мощности в ЭмПРА люминесцентных ламп?
2. Какие потери мощности в ЭПРА люминесцентных ламп?
3. Какие потери мощности в ЭмПРА разрядных ламп?
4. Какой коэффициент мощности имеют светильники с люминесцентными лампами с ЭмПРА и ЭПРА?
5. Какой коэффициент мощности имеют светильники с разрядными лампами?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7

### Тема: Расчет наружного освещения

**Цель работы:** Изучить методы расчета наружного освещения.

#### Краткие теоретические сведения:

Расчет наружного освещения заключается в определении расстояния между светильниками (шага светильников). Светотехнический расчет выполняется по методу коэффициента использования светового потока по формуле

$$\Phi = \frac{L \cdot K_{\zeta} \cdot \pi}{\eta_L}, \quad (7.1)$$

где  $L$  – нормируемая яркость покрытия, кд/м<sup>2</sup>;  
 $K_{\zeta}$  – коэффициент запаса (принимается 1,3 – для ламп накаливания и 1,5 – для разрядных ламп);  
 $\eta_L$  – коэффициент использования светового потока (определяется по таблице 7.1 в зависимости от типа ламп, угла наклона светильника, характеристики покрытия, отношения ширины дороги к высоте к высоте установки светильников).

По рассчитанному световому потоку  $\Phi$  и световому потоку, предварительно выбранных ламп, определяется расстояние между светильниками

$$l = S/b, \quad (7.2)$$

где  $S$  – площадь, которую могут осветить лампы, м<sup>2</sup>;  
 $b$  – ширина проезда (улицы), м.

Для наружного освещения проездов, проходов промышленных предприятий, улиц и площадей при средней яркости покрытия 0,4, ..., 1,6 кд/м<sup>2</sup>, рекомендуется применять высокоэкономичные разрядные источники света высокого давления: ртутные лампы ДРЛ; натриевые лампы ДНаТ.

Таблица 7.1

## Значение коэффициента использования светильников

Тип светильника	Покрытие	Угол наклона светильника, град	Коэффициент использования светильников по яркости $\eta_L$ при отношении ширины дороги к высоте установки светильника, $b/h$					
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
НКУ 01-200	Гладкое	15	0,034	0,049	0,056	0,061	0,065	0,066
РТУ01-125	Гладкое	0	0,023	0,038	0,043	0,045	0,048	0,049
РТУ01-125	Шероховатое	0	0,018	0,028	0,032	0,035	0,037	0,039
РТУ02-250	Гладкое	0	0,017	0,029	0,033	0,034	0,036	0,037
РТУ02-250	Шероховатое	0	0,012	0,018	0,022	0,024	0,026	0,027
РКУ01-125	Гладкое	15	0,041	0,063	0,075	0,082	0,085	0,086
РКУ01-250	Гладкое	15	0,046	0,070	0,078	0,083	0,086	0,087
РКУ01-250	Шероховатое	15	0,044	0,065	0,073	0,077	0,080	0,081
РКУ01-400	Гладкое	15	0,046	0,072	0,081	0,086	0,089	0,091
РКУ01-400	Шероховатое	15	0,041	0,062	0,070	0,075	0,078	0,079
ГКУ02-250	Гладкое	15	0,065	0,099	0,109	0,115	0,117	0,119
ГКУ02-250	Шероховатое	15	0,054	0,079	0,087	0,092	0,094	0,095
ГКУ02-400	Гладкое	15	0,060	0,093	0,105	0,111	0,115	0,117
ГКУ02-400	Шероховатое	15	0,051	0,074	0,083	0,088	0,091	0,093
ЖКУ02-250	Гладкое	15	0,064	0,098	0,109	0,114	0,118	0,120
ЖКУ02-250	Шероховатое	15	0,053	0,076	0,085	0,090	0,092	0,094
ЖКУ02-400	Гладкое	15	0,056	0,086	0,096	0,102	0,105	0,107
ЖКУ02-400	Шероховатое	15	0,045	0,070	0,079	0,084	0,086	0,88

## Задание для выполнения практической работы

1. Выполнить расчет наружного освещения по варианту задания (таблица 7.2).

Таблица 7.2

### Исходные данные

Вариант	Ширина проезжей части, м	Высота установки светильников, м	Покрытие	Тип светильника	Нормируемая яркость покрытия, кд/м <sup>2</sup>
1	4	8	Гладкое	НКУ 01-200	0,4
2	5	4	Шереховатое	РТУ01-125	0,5
3	6	9	Гладкое	РКУ01-125	0,6
4	8	9	Шереховатое	РКУ01-125	0,7
5	10	12	Гладкое	РКУ01-400	0,8
6	12	12	Шереховатое	РКУ01-400	0,9
7	14	12	Гладкое	РКУ01-250	0,4
8	6	8	Шереховатое	НКУ 01-200	0,5
9	8	4	Гладкое	РТУ01-125	0,6
10	10	10	Шереховатое	РКУ01-250	0,7

**Пример 1.** Выполнить расчет электрического освещения проезжей части территории промышленного предприятия с шереховатым покрытием. Определить шаг светильников типа РКУ01-250 с лампой ДРЛ-250.

*Исходные данные:* ширина проезжей части – 6 м; высота установки светильников 9 м; нормируемая яркость покрытия – 0,4 кд/м<sup>2</sup>.

*Решение:*

Отношение ширины проезжей части к высоте установки светильников

$$b/h = 6/9 = 0,66.$$

Определим коэффициент использования светового потока по таблице 7.1

$$\eta_L = 0,044.$$

Определим световой поток по формуле 7.1

$$\Phi = \frac{0,4 \cdot 1,5 \cdot 3,14}{0,044} = 42,8 \text{ вл}.$$

При двухрядном расположении светильников площадь, которую могут осветить лампы, равна

$$S = 2 \cdot 5900 / 42,8 = 275 \text{ м}^2.$$

Тогда шаг светильников равен

$$l = 275/6 = 45 \text{ м} .$$

### **Контрольные вопросы**

1. Какой коэффициент спроса наружного освещения?
2. Какие светильники применяются для наружного освещения территорий предприятий, улиц, площадей?
3. Расшифруйте серию светильника РКУ 01 250.
4. Принцип, по которому производится управление наружным освещением?
5. По какому методу выполняется расчет наружного освещения?

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

### **Общие указания**

При изучении дисциплины «Светотехника и электротехнология» учебным планом предусмотрено обязательное индивидуальное выполнение цикла лабораторных работ по исследованию основных характеристик и параметров электрических источников света.

Главным назначением этого этапа обучения является приобретение практических навыков экспериментального исследования осветительных и облучательных установок с целью более глубокого познания и проверки основных теоретических положений.

Предлагаемый цикл лабораторных работ предусматривает в основном двухчасовые исследовательские занятия с последующими самостоятельными расчетами и подготовкой ответов на контрольные вопросы.

#### **Правила проведения лабораторных работ**

1. Перед началом цикла лабораторных занятий проводится инструктаж по технике безопасности и пожарной опасности.
2. Студент должен явиться на лабораторные занятия полностью подготовленным теоретически.
3. Прежде чем приступить к работе, необходимо внимательно ознакомиться с целью и заданием, применяемым оборудованием и измерительными приборами.
4. Не допускается загромождение лабораторной установки, предметами не относящимися к исследованию по выполняемой лабораторной работе.

5. Нельзя включать питание установок без проверки готовности студентов и испытательных схем преподавателем или лаборантом.
6. Запрещается включать силовое питание собранных электрических схем, без предварительной проверки их правильности преподавателем или лаборантом.
7. Немедленно сообщать преподавателю или лаборанту о возникших неисправностях оборудования.
8. В лаборатории запрещено одному производить исследования, обязательно одновременное присутствии не менее двух исследователей.
9. Запрещается производить переключение и дополнительные подключения в схемах, находящихся под напряжением.
10. Запрещается оставлять работающую под напряжением установку без наблюдения не менее двух исследователей.
11. По окончании работ, выключите питающее напряжение, покажите результаты преподавателю, разберите собранную схему, наведите порядок на рабочем месте.
12. После выполнения экспериментальных исследований каждый студент составляет отчет в рабочем дневнике. Основные расчеты, построение графиков и диаграмм производится самостоятельно.
13. Графическая часть отчета выполняется аккуратно карандашом в масштабе с применением чертежных принадлежностей.
14. Каждый отчет обязательно завершается выводами по работе.
15. К каждому последующему лабораторному исследованию студент допускается после защиты проеденной работы и ответив на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа № 1

### Тема: Исследование ламп накаливания

**Цель работы:** Определение светотехнических и электрических параметров ламп накаливания общего назначения.

#### Краткие теоретические сведения

Основными характеристиками ламп являются номинальные значения напряжения, мощности, светового потока (иногда – силы света), срок службы, а также габаритные размеры (полная длина  $L$ , диаметр  $D$ , высота  $H$ ).

Принцип действия осветительных ламп накаливания основан на испускании излучения соответствующих длин волн за счет, в первом случае, электронного возбуждения молекул и атомов, во втором – теплового колебания ядер молекул тела накала. При повышении температуры тела накала увеличивается энергия поступающего, колебательного и вращательного движения его частиц, вследствие чего растет поток излучения и средняя энергия фотона. Длины волн излучения смещаются в коротковолновую инфракрасную и далее – в длинноволновую видимую область. Дальнейшее увеличение температуры тела накала обеспечивает энергию, достаточную для электронного возбуждения молекул и атомов и получения более коротковолнового видимого излучения.

Таким образом, основным фактором, определяющим плотность и длину волны излучения тепловых источников, является температура.

Согласно закону Стефана-Больцмана, плотность излучения тела накала связана с температурой выражением:

$$M = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4, \quad (1.1)$$

где  $M$  – энергетическая плотность излучения, Вт м<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  – коэффициент теплового излучения тела накала, его среднее интегральное значение (для вольфрама при 2600...3000 К  $\varepsilon = 0,334$ );

$\sigma_0$  – постоянная Стефана-Больцмана ( $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт · м<sup>-2</sup>К<sup>-4</sup>);

$T$  – температура тела накала, К.

Длина волны  $\lambda_{\max}$ , при которой спектральная плотность излучения максимальна, также зависит от температуры (закон Вина)

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2896 \text{ мкм}^2 \cdot \text{К}, \quad (1.2)$$

Если спираль лампы рассматривать как абсолютно черное тело, то зависимость плотности излучения от температуры и длины волны можно описать законом излучения Планка

$$Me\lambda + C^1\lambda^{-5}(\exp C^{11}/\lambda T - 1)^{-1}, \quad (1.3)$$

где  $C^1 = 3,742 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$ ;  $C^{11} = 1,439 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{К}$  – постоянные;  
 $Me\lambda$  – спектральная плотность излучения,  $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ .

### Характеристики ламп накаливания

Основными характеристиками осветительных ламп накаливания являются электрические, светотехнические, и эксплуатационные.

Электрические: номинальная мощность, напряжение.

Светотехнические: световой поток, спектральный состав излучения.

Эксплуатационные: световая отдача, срок службы, геометрические размеры.

Мощность ламп зависит от напряжения и геометрических размеров вольфрамовой спирали

$$P = U^2/R_{\delta} = U^2 \cdot S_c/\rho_{\delta} \cdot l, \quad (1.4)$$

где  $R_{\delta}$  – сопротивление спирали при рабочей температуре, Ом;

$\rho_{\delta}$  – удельное сопротивление вольфрама при рабочей температуре;

$S_c$  – площадь сечения вольфрамовой проволоки,  $\text{мм}^2$ ;

$l$  – длина вольфрамовой проволоки, м.

Световой поток лампы при заданной мощности зависит только от температуры тела накала. Это следует из закона Стефана-Больцмана, согласно которому

$$\Phi = M \cdot S_c = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T \cdot S \cdot C, \quad (1.5)$$

где  $\Phi$  – световой поток тела накала лампы, лм;

$S$  – площадь, излучающей поверхности тела накала,  $\text{м}^2$ ,



$C$  – коэффициент перехода от энергетического к световому потоку, лм/Вт.

Из выражения 1.5 следует, что при одной и той же электрической мощности вакуумные лампы создают меньший световой поток, чем газонаполненные, спиральные – меньше чем биспиральные, так как температура накала у них различная.

Спектр излучения ламп накаливания сплошной, лежит в красно-желтой области (360...780 нм). Максимум излучения приходится на инфракрасные длины волн.

Световая отдача показывает, какой световой поток испускает лампа на единицу мощности, потребляемой из электрической сети (лм·Вт<sup>-1</sup>). В идеальном случае световая отдача зависит только от температуры тела накала. Например, при увеличении температуры вольфрама от 2400 до 3200 К его световая отдача возрастает с 9,4 до 34,7 лм·Вт<sup>-1</sup>. В реальных условиях световая отдача ламп накаливания зависит от геометрических размеров и конструкции тела накала.

Для заданного типа ламп световая отдача определяется выражением

$$\eta = \Phi_{\text{э}} / D_{\text{э}}. \quad (1.6)$$

Световая отдача характеризует экономичность источника света. Для ламп накаливания световая отдача равна 7...20 лм·Вт<sup>-1</sup>. Увеличение световой отдачи за счет роста температуры ограничено резким снижением срока службы тела накала.

Срок службы ламп зависит от стойкости тела накала.

Основным фактором, влияющим на характеристики ламп накаливания при их эксплуатации, является напряжение. Отклонение питающего напряжения от номинального значения существенно влияет на характеристики ламп накаливания.

Изменение светового потока  $\Phi$ , электрической мощности  $P$ , световой отдачи  $\eta$ , тока  $I$  и средней продолжительности горения  $t_c$  при отклонениях питающего напряжения могут быть приближенно определены из уравнений:

$$\begin{aligned} \Phi / \Phi_{\text{ном}} &= (U / U_{\text{ном}})^{3,67}; & P / P_{\text{ном}} &= (U / U_{\text{ном}})^{1,6}; \\ I / I_{\text{ном}} &= (U / U_{\text{ном}})^{0,6}; & \eta / \eta_{\text{ном}} &= (U / U_{\text{ном}})^{2,14}; \\ t_{\text{ch}} / t_c &= (U / U_{\text{ном}})^{14,8}. \end{aligned} \quad (1.7)$$

Как видно из уравнений 1.7, с ростом напряжения на лампе резко увеличивается сила тока, мощность, световой поток и световая отдача, но уменьшается средний срок службы. При небольших отклонениях напряжения в сети (до 7,5 %) можно приближенно считать, что отклонение напряжения  $\pm 1\%$  изменяет световой поток лампы на 2,7 %, а среднюю продолжительность горения на  $\pm 14\%$ .

Технические данные ламп накаливания приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Технические данные ламп накаливания

Тип лампы	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Тип цоколя
B215-225-15	15	120	8,0	Резьбовой E27/27
B215-225-25	25	220	8,8	
B215-225-40	40	430	10,8	
BK215-225-40	40	475	11,9	
B215-225-60	60	730	12,2	
BK215-225-60	60	800	13,3	
B215-225-75	75	960	12,8	
BK215-225-75	75	1030	13,7	
B215-225-100	100	1380	13,8	
BK215-225-100	100	1500	15,0	
B215-225-150	150	2220	14,8	
B215-225-150-1	150	2220	14,8	
Г215-225-150	150	2090	13,9	
Г215-225-150-1	150	2090	13,9	
B215-225-200	200	3150	15,7	E27/30
Г215-225-200	200	2950	14,7	
Г215-225-300-1	300	4850	16,1	
Г215-225-300	300	4850	16,1	E40/45
Г215-225-500	500	8400	16,1	
Г215-225-750	750	13100	17,5	
Г215-225-1000	1000	18800	18,8	
Г215-225-1000-1	1000	18800	18,8	

Схема лабораторной установки

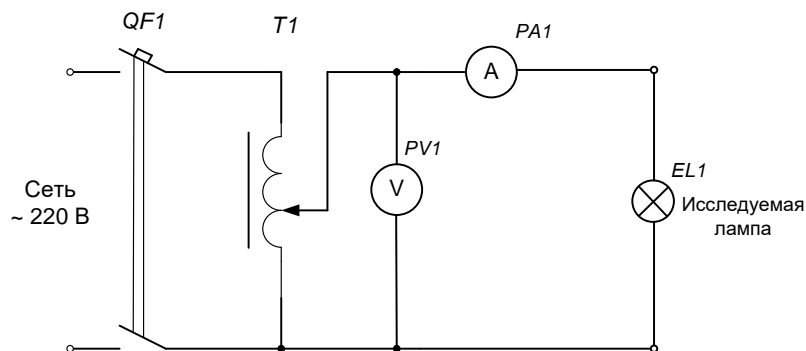


Рис. 1.2. Схема опытов

## Содержание работы

Изучить устройство и принцип действия осветительных ламп накаливания общего назначения.

Изучить технические данные ламп предназначенных для исследования.

Определить зависимость светотехнических и электрических характеристик исследуемых ламп от изменения питающего напряжения.

Исследовать зависимость длины волны, при которой спектральная плотность лучистого потока лампы накаливания имеет максимум при изменении питающего напряжения.

Выявить зависимости световой отдачи от значений номинальной мощности и номинального напряжения.

## Порядок выполнения работы

1. Измерительным мостом измерить  $R_0$  сопротивление тела накала исследуемой лампы.

2. Собрать схему исследования ламп накаливания рисунок 1.2.

3. Включить вводной автоматический выключатель  $QF1$ .

4. Регулятором напряжения установить номинальное напряжение 240 В.

5. Изменяя напряжение регулятором в пределах от 240 до 100 В с интервалом 20 В фиксировать напряжение, ток, освещенность в контрольной точке ( $L = 0,5 \text{ м}$  – расстояние от тела накала до фотоэлемента люксметра).

Измерения производить при трехкратной повторяемости.

6. По опытным данным вычислить:

– мощность лампы

$$P = U \cdot I;$$

– сопротивление нити накала в горячем состоянии

$$R_0 = \frac{U}{I};$$

– световой поток лампы

$$\Phi = 4\pi \cdot E \cdot L^2;$$

– световую отдачу

$$\eta = \frac{\Phi}{P};$$

– температуру нити накала в горячем состоянии

$$T = \frac{R_r - R_o}{\alpha R_o},$$

где  $R_o$  – сопротивление тела накала при температуре окружающей среды  $T_o = 293$  К;

$\alpha$  – температурный коэффициент электрического сопротивления (для вольфрама  $\alpha = 0,005 \hat{E}^{-1}$ ).

Все измерения и вычисления занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Измеренные и вычисленные величины

Тип лампы	Измеряемые величины			Вычисляемые величины				
	$U$ , В	$I$ , А	$E$ , лк	$P$ , Вт	$R_o$ , Ом	$\Phi$ , лм	$T$ , К	$\eta$ , лм/Вт

По результатам таблицы 1.2 построить зависимости тока  $I$ , мощности  $P$ , светового потока  $\Phi$ , световой отдачи  $\eta$  от значения напряжения питающего лампы.

При исследовании зависимости длины волны от величины питающего напряжения необходимые данные принять согласно данным в таблице 1.1. Для разных значений питающего напряжения определить длину волны  $\lambda_{max}$ , при которой спектральная плотность лучистого потока имеет максимум. Зона максимума ориентировочно определяется по закону Вина.

Результаты вычислений для исследуемых типов ламп занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Зависимость максимума излучения от напряжения питания

Тип лампы	$U_{\hat{e}}$ , В	$T$ , К	$\lambda_{max}$ , МКМ

По результатам вычислений из таблицы 1.2 выявить влияние номинальной мощности и номинального напряжения на значение световой отдачи ламп накаливания. Полученные данные занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4

Световая отдача при номинальных значениях мощности и напряжения

Тип лампы					
Световая отдача при $U_{\hat{m}}$ , лм/Вт					

## Контрольные вопросы

1. Какой принцип преобразования электрической энергии в световую в лампах накаливания?
2. Расшифровать обозначение лампы накаливания БК 215-235-60?
3. Какой процент подводимой энергии затрачивается на создание видимого излучения?
4. Достоинства и недостатки ламп накаливания.
5. Какая температура нити накала лампы накаливания?
6. Шкала номинальных мощностей ламп накаливания общего назначения.

## Лабораторная работа № 2

### Тема: Исследование компактных галогенных ламп накаливания

- Цель работы:**
1. Определение светотехнических и электрических параметров компактных галогенных ламп накаливания.
  2. Установить зависимость освещенности рефлекторных галогенных ламп от высоты подвеса.

### Краткие теоретические сведения

#### *Галогенные лампы*

Галогенные лампы являются разновидностью ламп накаливания с улучшенными техническими данными.

Принцип действия галогенных ламп заключается в образовании на стенке колбы летучих соединений – галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама. В результате увеличивается срок службы ламп. Галогенные лампы по сравнению с обычными лампами накаливания имеют более стабильный световой поток, значительно меньшие размеры, более высокую термостойкость и механическую прочность благодаря применению кварцевой колбы.

В качестве галогенных добавок применяется йод, бром, хлор, фтор. Работа по подбору новых летучих химических соединений галогенов продолжается.

Галогенная лампа использует в качестве элемента, излучающего свет, вольфрамовую нить накала, заключенную в жаропрочную колбу. Как и в лампах накаливания, электрический ток, протекая по нити накала, нагревает ее до температуры около 2500 К, при этом нить накала излучает видимое излучение (видимый свет).

В галогенных лампах, как и в лампах накаливания, высокая температура используется для высвобождения атомов, но размеры галогенных ламп значительно меньше. Для предотвращения расплавления колбы лампы она изготавливается из кварца, а колба лампы заполнена галогенным (йод, хлор, бром, фтор) газом. Этот газ при взаимодействии с парами вольфрама, имеет характерное свойство – если температура паров вольфрама будет достаточно высокая, то газ галогена, реагируя с атомами вольфрама, будет повторно наносить из на нить накала. Такой процесс рециркуляции обеспечивает более длительный срок службы лампы. Кроме того, из-за более интенсивного накала нити галогенные лампы обеспечивают более яркое свечение.

Для питания галогенных ламп не требуется источник высокого напряжения. Рабочее напряжение галогенных ламп находится в пределах от 11,3 до 11,7 В. Схема управления представляет собой понижающий трансформатор 220/12 В электромагнитной системы, или схему электронного устройства. Эти схемы понижают входное напряжения сети 220 В до необходимого рабочего диапазона, а также обеспечивает гальваническую развязку.

### Схема лабораторной установки

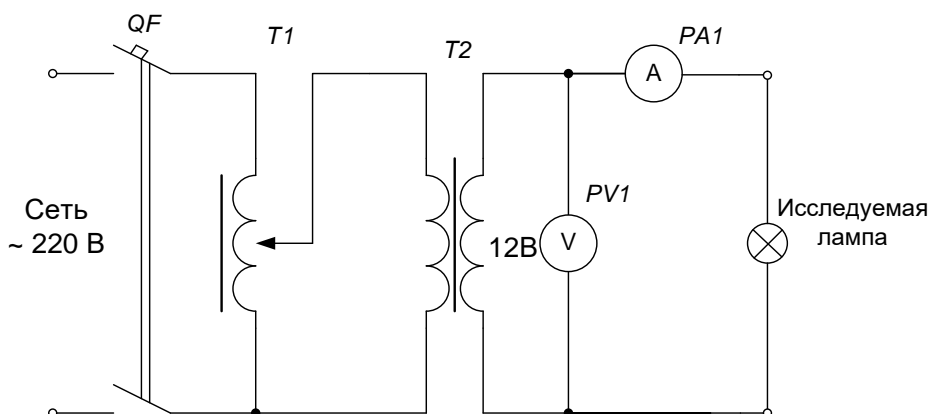


Рис. 2.1. Схема опытов

### Содержание работы

Изучить устройство и принцип действия компактных рефлекторных галогенных ламп.

Изучить технические данные ламп предназначенных для исследования.

Определить зависимость светотехнических и электрических характеристик исследуемых ламп от изменения питающего напряжения.

Установить зависимость освещенности рефлекторных галогенных ламп от высоты подвеса

### Порядок выполнения работы

1. Измерительным мостом измерить  $R_0$  сопротивление тела накала исследуемой лампы.

2. Собрать схему исследования галогенной лампы рисунок 2.1.

3. Включить вводной автоматический выключатель QF1.

4. Регулятором напряжения установить во вторичной обмотке трансформатора T2 напряжение 12 В.

5. Изменяя напряжение регулятором в пределах от 12 до 6 В с интервалом 2 В фиксировать напряжение, ток, освещенность в контрольной точке ( $L = 0,5$  м – расстояние от тела накала до фотоэлемента люксметра).

6. Изменяя высоту подвеса лампы над люксметром ( $L = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$  м) фиксировать освещенность.

Измерения производить при трехкратной повторяемости.

7. По опытным данным вычислить:

– мощность лампы

$$P = U \cdot I;$$

– сопротивление нити накала в горячем состоянии

$$R_1 = \frac{U}{I};$$

– световой поток лампы

$$\Phi = 4\pi \cdot E \cdot L^2;$$

– световую отдачу

$$\eta = \frac{\Phi}{P};$$

– температуру нити накала в горячем состоянии

$$T = \frac{R_1 - R_0}{\alpha \cdot R_0},$$

где  $R_0$  – сопротивление тела накала при температуре окружающей среды  $T_0 = 293 \text{ K}$ ;

$\alpha$  – температурный коэффициент электрического сопротивления (для вольфрама  $\alpha = 0,005 \hat{E}^{-1}$ ).

Все измерения и вычисления занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

### Измеренные и вычисленные величины

Тип лампы	Измеряемые величины			Вычисляемые величины				
	$U$ , В	$I$ , А	$E$ , лк	$P$ , Вт	$R_{\delta}$ , Ом	$\Phi$ , лм	$T$ , К	$\eta$ , лм/Вт

По результатам таблицы 1.2 построить зависимости тока  $I$ , мощности  $P$ , светового потока  $\Phi$ , световой отдачи  $\eta$  от значения напряжения питающего лампы.

Изменяя высоту подвеса лампы от 2 до 1 метра через 100 мм измерить освещенность люксметром.

Результаты записать в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

### Результаты измерений освещенности

Тип лампы	Высота подвеса, м	Освещенность, лк	Примечание

### Контрольные вопросы

1. Как в галогенных лампах предотвращается термоэлектронная эмиссия?
2. Объяснить йодовольфрамовый цикл галогенных ламп.
3. За счет чего колба галогенной лампы намного меньше лампы накаливания?
4. Из какого материала сделана колба галогенных ламп?
5. Разновидность галогенных ламп по конструкции.
6. На какую мощность изготавливаются компактные рефлекторные галогенные лампы?



## Лабораторная работа № 3

### Тема: Исследование разрядных ламп низкого давления

- Цель работы:** 1. Изучить устройство, принцип действия и основные характеристики люминесцентных ламп.  
2. Изучить схемы включения люминесцентных ламп.

### Краткие теоретические сведения

#### *Люминесцентные лампы*

Люминесцентные лампы представляют собой разрядные источники света низкого давления, в которых ультрафиолетовое излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в длинноволновое видимое излучение. Люминофорами называются твердые или жидкие вещества, способные излучать свет под действием различного рода возбуждения.

По характеру разряда в люминесцентных лампах классифицируются на люминесцентные лампы дугового разряда с горячими катодами, лампы тлеющего разряда с холодными катодами и лампы вихревого разряда без электродов.

Люминесцентные лампы дугового разряда можно подразделить на осветительные люминесцентные лампы общего и специального назначения. Люминесцентные лампы общего назначения предназначены для освещения в различных областях применения.

#### *Характеристики люминесцентных ламп*

Световой поток люминесцентных источников света зависит в основном от мощности ламп, спектр излучения – от состава люминофора. Например, лампы типа ЛД испускают 92 % потока в области 460...610 нм, лампы ЛБЦ – 94 % в области 510...660 нм.

Пульсация светового потока обусловлена погасанием и перезажиганием лампы в каждый полупериод переменного тока. Освещение объектов пульсирующим световым потоком утомляет зрение, вызывает стробоскопический эффект (кажущаяся неподвижность объекта при совпадении частот пульсации светового потока и движущегося объекта).

Пульсация светового потока характеризуется коэффициентом пульсации

$$K = (\Phi_{\max} - \Phi_{\min}) / 2\Phi_{\text{cp}}, \quad (3.1)$$

где  $\Phi_{\max}$ ,  $\Phi_{\min}$ ,  $\Phi_{\text{ср}}$  – соответственно максимальное, минимальное и среднее значение светового потока лампы, лм.

Коэффициент пульсации определяется составом люминофора и схемой включения в сеть (составляет 25...40%).

Технические данные люминесцентных ламп приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Технические данные люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Световой поток, лм			
	ЛБ	ЛДЦ	ЛЕЦ	ЛТБЦЦ
4	140	-	-	-
6	270	-	-	-
8	380	-	305	245
13	830	-	570	500
15	835	600	-	-
16	-	-	830	-
18	1250	850	850	735
20	1200	850	865	700
30	2180	1500	1400	-
36	3050	2200	2150	-
40	3200	2200	2190	1750
60	-	-	-	-
58	4700	-	3330	-
65	4800	3160	3400	-
80	5400	3800	-	-

### Схема лабораторной установки

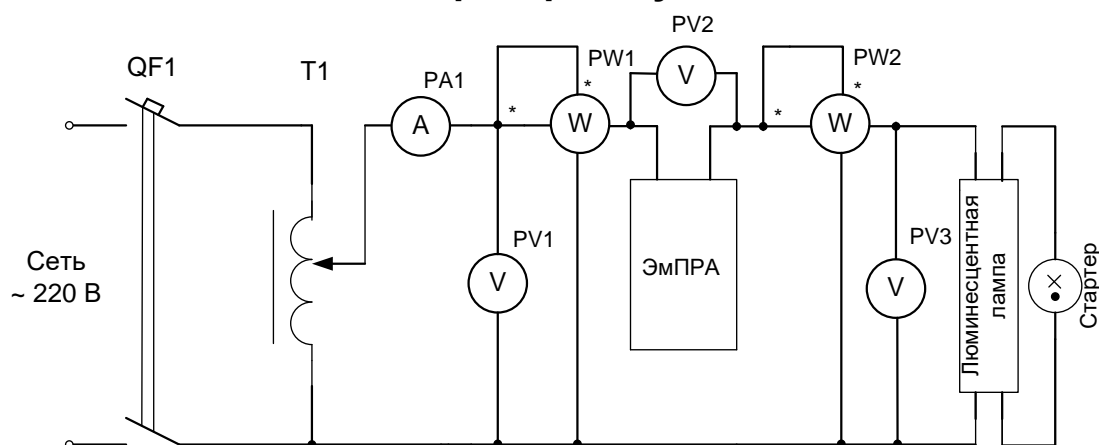


Рис. 3.3. Схема опытов с ЭМПРА

### Содержание работы

1. Изучить устройство, принцип действия люминесцентных ламп.

2. Изучить назначение элементов пускорегулирующих аппаратов (ЭмПРА) электромагнитной конструкции.
3. Исследовать изменение параметров люминесцентных ламп: мощность, световую отдачу, коэффициент мощности, напряжение зажигания при изменении напряжения и типа ПРА.

### Порядок выполнения работы

1. Записать характеристики исследуемых ламп таблицу 3.2 и пускорегулирующих аппаратов в таблицу 3.3.

Таблица 3.2

Технические данные ламп

Тип ламп	Мощность, Вт	Напряжение, В	Эффективный световой поток, лм	Диаметр, мм	Длина, м	Тип цоколя

Таблица 3.3

Технические данные ПРА

Наименование	Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Коэффициент мощности (cosφ)

2. Собрать схему лабораторной установки с электромагнитным ПРА (стартерная схема).
3. Регулятором напряжения Т1 установить номинальное напряжение величиной 220 В.
4. Включить напряжение сети при этом лампа должна зажечься.
5. Определить погасание и повторное зажигание лампы изменением напряжения регулятором Т1.
6. Измерить характеристики и записать в таблицу 3.4. Произвести, необходимы вычисления.
7. Исследовать влияние величины напряжения питания на характеристики ламп в диапазоне  $\pm 5\%$  и  $\pm 10\%$  от номинального напряжения лампы. Данные опытов записать в таблицу 3.5. Произвести необходимые вычисления.

Таблица 3.4

Зависимость характеристик исследуемых ламп от типа ПРА и  
величины подводимого напряжения

ПРА	Измерено									Вычислено				
	PV1	PV1	PV1	PV3	PV2	PV1	PA1		PW1	Φ, лм	η, лм/Вт	P <sub>б</sub> , Вт	S, ВА	cosφ
	U <sub>ном</sub> , В	U <sub>пог</sub> , В	U <sub>заж</sub> , В	U <sub>л</sub> , В	U <sub>б</sub> , В	U <sub>с</sub> , В	I, А	E, лк	P, Вт					

$$\Phi = \frac{0,5 \cdot L \cdot h \cdot \pi^2 \cdot E}{C}, \quad (3.1)$$

где  $L$  – длина светящейся части лампы, м;

$h$  – расстояние от лампы до фотоэлемента люксметра, м (принять  $h = 0,1$  м);

$C$  – коэффициент, учитывающий углы, под которым расположен фотоэлемент по отношению к лампе.

Таблица 3.5

Зависимость характеристики люминесцентной лампы от  
величины питающего напряжения

Тип лампы	Измерено				Вычислено				
	PV1	PV3	PA1	PW2	P, Вт	E, лк	Φ, лм	η, лм/Вт	cosφ
	U, В	U <sub>л</sub> , В	I, А	P <sub>л</sub> , Вт					

### Контрольные вопросы

1. На какую мощность выпускаются трубчатые люминесцентные лампы?
2. Как в люминесцентных лампах производится преобразование электрической энергии в световую?
3. Что представляет собой люминофор?
4. От чего зависит цветопередача в люминесцентных лампах?
5. Из каких элементов состоит ПРА?
6. Как избежать стробоскопического эффекта при работе ламп с Эм-ПРА?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Тема: Изучение и исследование люминесцентных ламп с ЭПРА

- Цель работы:**
1. Изучить устройство, принцип действия, основные характеристики компактных люминесцентных ламп.
  2. Изучить схемы включения люминесцентных ламп с ЭПРА.

### Краткие теоретические сведения

#### *Компактные люминесцентные лампы*

Компактная люминесцентная лампа состоит из трубчатой лампы малого диаметра спиралевидной формы и электронной платы управления, размещенной в основании из поликарбоната. Для сохранения совместимости с лампами накаливания применяется цоколь с резьбой E14 или E27 под патрон.

Стеклянная трубка наполнена инертным газом (аргоном). Для испускания электронов применены нити накала, покрытые бором, которые установлены в каждом конце трубки. Электроны, проходя от одной нити к другой, сталкиваются с атомами газа. При столкновении атомы испускают ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется в видимое излучение (свет) при прохождении через люминесцентное покрытие, нанесенное на внутреннюю поверхность стеклянной трубки. Чем больше число столкновений, тем выше яркость лампы.

Таблица 4.1

Технические данные компактных люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Размеры, мм		Световой поток, лм	Тип цоколя
		длина	диаметр		
КЛ7/ТБЦП	7	135	28	400	G23
КЛ9/ТБЦП	9	167	28	600	G23
КЛ11/ТБЦП	11	235	28	900	G23
КЛС9/ТБЦ	9	150	85	425	E27
КЛС13/ТБЦ	13	160	85	600	E27
КЛС18/ТБЦ	18	170	85	900	E27
КЛС25/ТБЦ	25	180	85	1200	E27

## Схема лабораторной установки

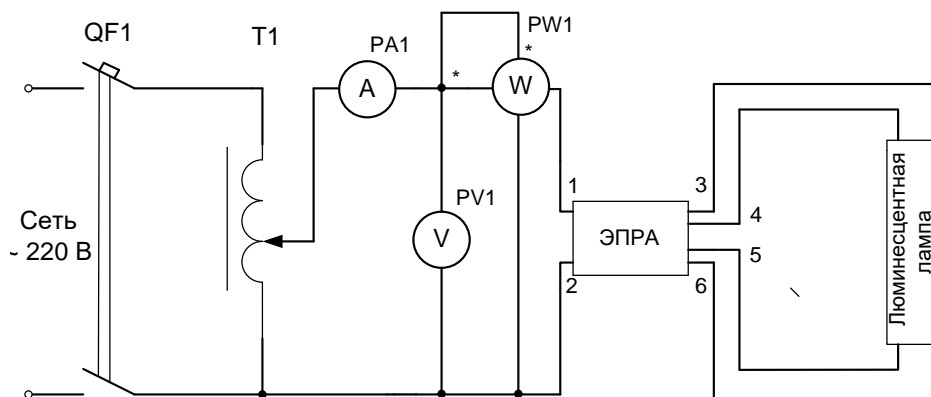


Рис. 4.3. Схема опытов

### Содержание работы

1. Изучить устройство, принцип действия компактных люминесцентных ламп.
2. Изучить назначение элементов пускорегулирующих аппаратов электронной конструкции.
3. Исследовать изменение параметров люминесцентных ламп с ЭПРА: мощность, световую отдачу, коэффициент мощности, напряжение зажигания при изменении напряжения.

### Порядок выполнения работы

1. Записать характеристики исследуемых ламп в таблицу 4.2 и пускорегулирующих аппаратов в таблицу 4.3.

Таблица 4.2

Технические данные ламп

Наименование	Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А

Таблица 4.3

Технические данные ПРА

Наименование	Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Коэффициент мощности (cosφ)

2. Собрать схему лабораторной установки с электронным ПРА (рис. 4.3).
3. Регулятором напряжения Т1 установить номинальное напряжение величиной 220 В.

4. Включить напряжение сети при этом лампа должна зажечься.
5. Исследовать влияние величины напряжения питания на характеристики ламп в диапазоне  $\pm 5\%$  и  $\pm 10\%$  от номинального напряжения лампы.

Данные опытов записать в таблицу 4.4. Произвести необходимые вычисления.

$$\hat{O} = \frac{0,5 \cdot L \cdot h \cdot \pi^2 \cdot \dot{A}}{\tilde{N}}, \quad (4.1)$$

- где  $L$  – длина светящейся части лампы, м;  
 $h$  – расстояние от лампы до фотоэлемента люксметра, м (принять  $h = 0,1 \text{ м}$ );  
 $C$  – коэффициент, учитывающий углы, под которым расположен фотоэлемент по отношению к лампе.

Таблица 4.4

Зависимость характеристики люминесцентной лампы от величины питающего напряжения

Тип лампы	Измерено				Вычислено		
	PV1	PA1	PW1	освещенность	световой поток	световая отдача	cosφ
	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$	$P_{\text{л}}, \text{ Вт}$	$E, \text{ лк}$	$\Phi, \text{ лм}$	$\eta, \text{ лм/Вт}$	

### Контрольные вопросы

1. Какой мощности изготавливаются компактные люминесцентные лампы?
2. Где нашли применение компактные люминесцентные лампы?
3. Почему при работе люминесцентных ламп с ЭПРА не возникает стробоскопический эффект?
4. Как расшифровывается У-ЭПРА?
5. Световая отдача люминесцентных ламп.
6. Расшифруйте обозначение люминесцентных ламп: ЛБ, ЛХБ, ЛД, ЛДЦ.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### Тема: Исследование разрядных ламп высокого давления

- Цель работы:** 1. Изучить устройство и принцип действия дуговых ртутных люминесцентных ламп (ДРЛ).  
2. Исследовать схемы включения ламп ДРЛ.

### Краткие теоретические сведения

#### *Дуговые разрядные люминесцентные лампы*

Лампы высокой интенсивности излучения содержат пары ртути. Популярность этих ламп обусловлена высоким значением КПД и яркостью свечения.

Технические данные ртутных ламп ДРЛ представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Технические данные ртутных ламп ДРЛ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Средняя продолжительность горения, тыс. ч
ДРЛ50(15)	50	1900	E27/27	15
ДРЛ80(6)	80	3300	E27/30	6
ДРЛ80(10)		3600	E27/30	10
ДРЛ80(15)		3600	E27/27	10
ДРЛ125(6)	125	5900	E27/30	6
ДРЛ125(10)		6300	E27/30	10
ДРЛ125(15)		6300	E27/27	15
ДРЛ250(6)-4	250	13000	E40/45	6
ДРЛ250(10)-4		13500		10
ДРЛ250(14)-4		13500		14
ДРЛ400(6)-4	400	23500	E40/45	6
ДРЛ400(10)-4		24000		10
ДРЛ400(12)-4		24000		12
ДРЛ700(6)-3	700	40600	E40/45	6
ДРЛ700(10)-3		41000		10
ДРЛ700(12)-3		41000		12
ДРЛ1000(6)-3	1000	58000	E40/45	6
ДРЛ1000(10)-3		59000		10
ДРЛ1000(12)-3		59000		12
ДРЛ2000	2000	120000	E40/55×47	6



## Схема лабораторной установки

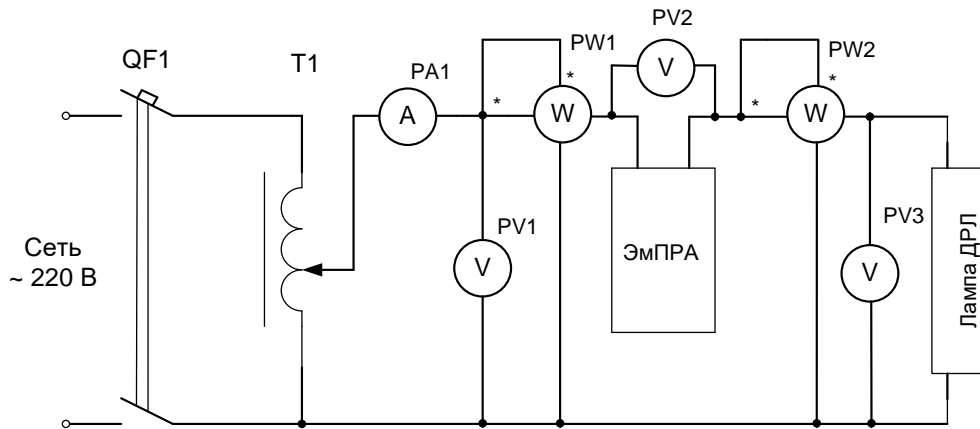


Рис. 5.2. Схема исследования ламп ДРЛ

## Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип действия лампы ДРЛ и пуско-регулирующей аппаратуры, схему включения и технические характеристики изучаемых устройств.

2. Установить время первичного и повторного зажигания лампы ДРЛ. Включить лампу и секундомер при полном зажигании лампы записать время первичного зажигания. Отключить лампу от сети и опять включить – установить время повторного зажигания лампы.

3. Исследовать изменение светотехнических и электрических характеристик лампы ДРЛ по схеме, приведенной на рис. 5.2. Снять характеристики по показаниям приборов при напряжении питания 220 В.

Регулятором напряжения Т1 по показанию вольтметра PV1 установить напряжение 220 В. Включить лампу в сеть. Показания приборов снять через 60 с до установившегося режима горения лампы и записать в табл. 5.2.

4. Исследовать влияние величины напряжения питания на эксплуатационные характеристики лампы в диапазоне  $\pm 10\%$  от номинального напряжения лампы. Величину напряжения изменять регулятором напряжения от 240 В до напряжения погасания лампы. Результаты исследований записать в таблицу 5.3.

Таблица 5.2

## Результаты измерений и вычислений

Лампа	Измерено								Вычислено
	$t, c$	$U, B$	$U_{\text{б}}, B$	$U_{\text{л}}, B$	$I, A$	$P, Bт$	$P_{\text{л}}, Bт$	$E, лк$	$\Phi, лм$
ДРЛ250									

где  $U, U_{\text{а}}, U_{\text{э}}$  – напряжение сети, ПРА, лампы;  
 $I$  – ток лампы;  
 $P, P_{\text{э}}$  – мощность схемы и лампы;  
 $E$  – освещенность;  
 $\Phi$  – световой поток;

Таблица 5.3

## Зависимость характеристики лампы ДРЛ от величины напряжения питания

Лампа	Измерено						Вычислено			
	$U, B$	$U_{\text{л}}, B$	$I, A$	$P, Bт$	$P_{\text{л}}, Bт$	$P, Bт$	$\Phi, лм$	$\eta, лм/Вт$	$\cos\varphi$	$P_{\text{д}}, Bт$
ДРЛ250										

где  $\eta$  – световая отдача;  
 $\cos\varphi$  – коэффициент мощности схемы;  
 $P_{\text{а}}$  – мощность, теряемая в ПРА.

Расчетные величины, приведенные в таблице 5.2 и 5.3 определяются по следующим выражениям

Световой поток лампы

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot E,$$

где  $R$  – расстояние между лампой и фотоэлементом люксметра ( $R = 1 \text{ м}$ ).

Световая отдача

$$\eta = \frac{\Phi}{P}.$$

Коэффициент мощности схемы

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

Мощность, теряемая в ПРА

$$P_{\text{а}} = P - P_{\text{э}}.$$

## Контрольные вопросы

1. Устройство ламп ДРЛ.
2. Принцип действия ламп ДРЛ.
3. Расшифруйте лампы ДРЛ.
4. Факторы, влияющие на спектр излучения ламп ДРЛ.
5. Что создает видимое излучение в лампе.
6. Схема включения лампы ДРЛ в сеть.
7. Почему лампы ДРЛ не применяются для аварийного освещения помещений?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Тема: Исследование разрядных ламп высокого давления

- Цель работы:**
1. Изучить устройство и принцип действия металлогалогенных ламп (ДРИ).
  2. Исследовать схему включения ламп ДРИ.

### Краткие теоретические сведения

#### *Металлогалогенные лампы*

Устройство и принцип действия металлогалогенных ламп основан на том, что галогениды многих металлов испаряются легче, чем сами металлы, и не разрушают кварцевое стекло. Поэтому внутрь колб металлогалогенных ламп кроме ртути и аргона дополнительно вводятся различные химические элементы в виде их галоидных соединений, например, йод, бром, хлор. После зажигания разряда, когда достигается рабочая температура колбы, галогениды металлов частично переходят в парообразное состояние. Попадая в центральную зону разряда с температурой несколько тысяч градусов Кельвина, молекулы галогенидов диссоциируют на галоген и металл. Атомы металла возбуждаются и излучают характерные для них спектры. Диффундируя за пределы разрядного канала и попадая в зону с более низкой температурой вблизи стенок колбы, они воссоединяются в галогениды, которые вновь испаряются.

Технические данные металлогалогенных ламп типа ДРИ приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Технические данные металлогалогенных ламп ДРИ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Продолжительность горения, тыс. ч
ДРИ125	125	8300	E27/27	3
ДРИ175	175	12000	E40/45	4
ДРИ250-5	250	19000	E40/45	10
ДРИ250-6		19000		3
ДРИ400-5	400	35000	E40/45	10
ДРИ400-6		32000		3
ДРИ700-5	700	60000	E40/65×50	9
ДРИ700-6		56000		3
ДРИ1000-5	1000	90000	E40/45	9
ДРИ1000-6		90000	E40/65×50	3
ДРИ2000-6	2000	200000		2
ДРИ3500-6	3500	350000		
ДМ33000	3000	240000	Специальный	1,5
ДРИЗ125	125	4500	E27/30	1,5
ДРИЗ125-1		4700		
ДРИЗ175	175	5800	E27/30	2
ДРИЗ175-1		6200		2
ДРИЗ250	250	13700	E27/30	2,5
ДРИЗ250-1		12000		2,5
ДРИЗ-250-2		13700	E40/45	7,5
ДРИЗ400-1	400	24000	E40/65×50	
ДРИЗ400-2			E4045	
ДРИЗ400-3				5,0
ДРИЗ700-1	700	45000		
ДРИЗ700-2			E40/65x50	7,5
ДРИЗ700-3				

**Схема лабораторной установки**

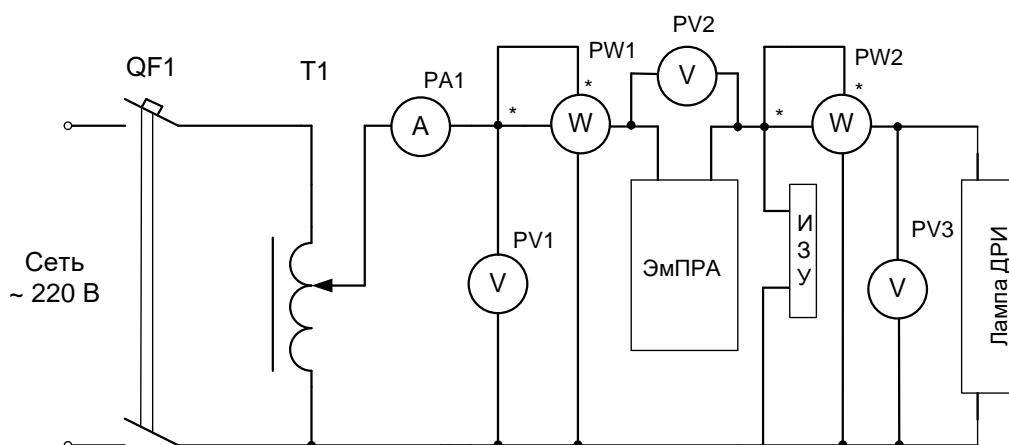


Рис. 6.2. Схема исследования ламп ДРИ

## Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип действия лампы ДРИ и пуско-регулирующей аппаратуры, схему включения и технические характеристики изучаемых устройств.

2. Установить время первичного и повторного зажигания лампы ДРЛ. Включить лампу и секундомер при полном зажигании лампы записать время первичного зажигания. Отключить лампу от сети и опять включить – установить время повторного зажигания лампы.

3. Исследовать изменение светотехнических и электрических характеристик лампы ДРИ по схеме приведенной на рис. 6.2. Снять характеристики по показаниям приборов при напряжении питания 220 В.

Регулятором напряжения Т1 по показанию вольтметра PV1 установить напряжение 220 В. Включить лампу в сеть. Показания приборов снять через 60 с до установившегося режима горения лампы и записать в таблицу 6.2.

4. Исследовать влияние величины напряжения питания на эксплуатационные характеристики лампы в диапазоне  $\pm 10\%$  от номинального напряжения лампы. Величину напряжения изменять регулятором напряжения от 240 В до напряжения погасания лампы. Результаты исследований записать в таблицу 6.3.

Таблица 6.2

Результаты измерений и вычислений

Лампа	Измерено								Вычислено
	$t, c$	$U, B$	$U_{\text{б}}, B$	$U_{\text{л}}, B$	$I, A$	$P, Bт$	$P_{\text{л}}, Bт$	$E, лк$	$\Phi, лм$
ДРИ400									

где  $U, U_{\text{а}}, U_{\text{е}}$  – напряжение сети, ПРА, лампы;

$I$  – ток лампы;

$P, P_{\text{е}}$  – мощность схемы и лампы;

$E$  – освещенность;

$\Phi$  – световой поток.

Таблица 6.3

Зависимость характеристики лампы ДРЛ от величины  
напряжения питания

Лампа	Измерено						Вычислено			
	$U, B$	$U_{\text{л}}, B$	$I, A$	$P, Bт$	$P_{\text{л}}, Bт$	$P, Bт$	$\Phi, лм$	$\eta, лм/Вт$	$\cos\varphi$	$P_{\text{д}}, Bт$
ДРИ400										

где  $\eta$  – световая отдача;  
 $\cos\varphi$  – коэффициент мощности схемы;  
 $P_{\text{а}}$  – мощность, теряемая в ПРА.

Расчетные величины, приведенные в таблице 5.2 и 5.3, определяются по следующим выражениям.

Световой поток лампы

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot E,$$

где  $R$  – расстояние между лампой и фотоэлементом люксметра  
( $R = 1 \text{ м}$ ).

Световая отдача

$$\eta = \frac{\Phi}{E}.$$

Коэффициент мощности схемы

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

Мощность, теряемая в ПРА

$$P_{\text{а}} = P - P_{\text{е}}.$$

### Контрольные вопросы

1. Расшифровать обозначение металлогалогенной лампы ДРИ.
2. За счет чего создается видимое излучение в лампах ДРИ?
3. Почему колба у ламп ДРИ прозрачная?
4. На какую мощность изготавливаются лампы ДРИ?
5. Область применения ламп ДРИ.
6. Схема включения лампы ДРИ в сеть.
7. Почему разрядные лампы применяются для освещения помещений с большой высотой более 5 м.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

**Тема: Исследование разрядных ламп высокого давления**

- Цель работы:**
1. Изучить устройство и принцип действия дуговых натриевых трубчатых ламп (ДНаТ).
  2. Исследовать схемы включения ламп ДНаТ.

## Краткие теоретические сведения

### *Разрядные лампы высокой интенсивности*

Лампы высокой интенсивности излучения содержат пары ртути или натрия. Популярность этих ламп обусловлена высоким значением КПД и яркостью свечения.

### *Натриевые лампы высокого давления ДНаТ*

Принцип действия натриевых ламп основан на использовании резонансного излучения D-линий натрия (589 и 589,6 нм). Эти лампы обладают самой высокой световой отдачей сроком службы среди разрядных ламп.

Технические данные натриевых ламп высокого давления приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Технические данные натриевых ламп ДНаТ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
ДНаТ50	50	4000	E227	6
ДНаТ70	70	6000	E27	10
ДНаТ100	100	10000	E27	10
ДНаТ150	150	15000	E40	15
ДНаТ250	250	26000	E40	20
ДНаТ400	400	50000	E40	20

Схема включения светильника с лампой ДНаТ в сеть приведена на рисунке 7.1.

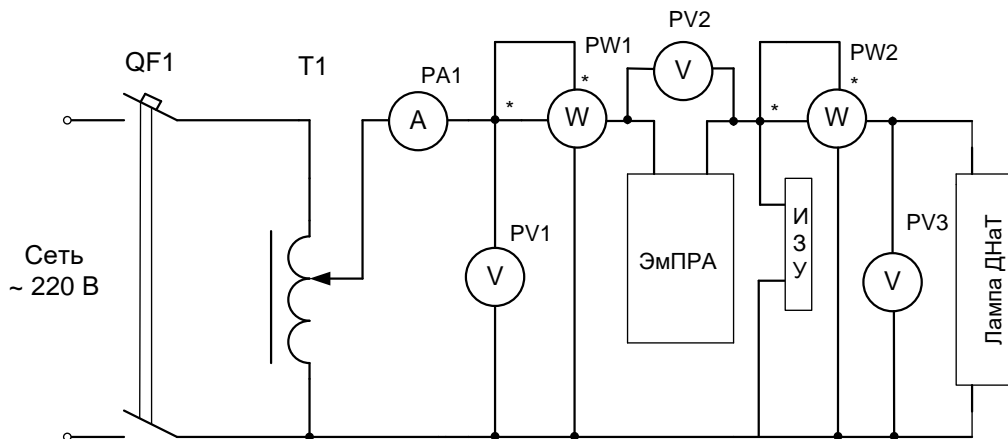


Рис. 7.1. Схема исследования ламп ДНаТ

## Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип действия лампы ДНаТ и пуско-регулирующей аппаратуры, схему включения и технические характеристики изучаемых устройств.

2. Установить время первичного и повторного зажигания лампы ДРЛ. Включить лампу и секундомер при полном зажигании лампы записать время первичного зажигания. Отключить лампу от сети и опять включить – установить время повторного зажигания лампы.

3. Исследовать изменение светотехнических и электрических характеристик лампы ДНаТ по схеме приведенной на рисунке 7.2. Снять характеристики по показаниям приборов при напряжении питания 220 В.

Регулятором напряжения Т1 по показанию вольтметра РV1 установить напряжение 220 В. Включить лампу в сеть. Показания приборов снять через 60 с до установившегося режима горения лампы и записать в таблицу 7.2.

4. Исследовать влияние величины напряжения питания на эксплуатационные характеристики лампы в диапазоне  $\pm 10\%$  от номинального напряжения лампы. Величину напряжения изменять регулятором напряжения от 240 В до напряжения погасания лампы. Результаты исследований записать в таблицу 7.3.

Таблица 7.2

Результаты измерений и вычислений

Лампа	Измерено								Вычислено
	$t, c$	$U, B$	$U_{\text{б}}, B$	$U_{\text{л}}, B$	$I, A$	$P, Bт$	$P_{\text{л}}, Bт$	$E, лк$	$\Phi, лм$
ДНаТ400									

где  $U, U_{\text{а}}, U_{\text{е}}$  – напряжение сети, ПРА, лампы;

$I$  – ток лампы;

$P, P_{\text{е}}$  – мощность схемы и лампы;

$E$  – освещенность;

$\Phi$  – световой поток.

Таблица 7.3

Зависимость характеристики лампы ДРЛ от величины  
напряжения питания

Лампа	Измерено						Вычислено			
	$U, B$	$U_{\text{л}}, B$	$I, A$	$P, Bт$	$P_{\text{л}}, Bт$	$P, Bт$	$\Phi, лм$	$\eta, лм/Вт$	$\cos\phi$	$P_{\text{л}}, Bт$
ДНаТ400										



где  $\eta$  – световая отдача;  
 $\cos\varphi$  – коэффициент мощности схемы;  
 $P_{\text{а}}$  – мощность, теряемая в ПРА.

Расчетные величины, приведенные в таблице 5.2 и 5.3, определяются по следующим выражениям:

Световой поток лампы

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot E,$$

где  $R$  – расстояние между лампой и фотоэлементом люксметра  
( $R = 1 \text{ м}$ ).

Световая отдача

$$\eta = \frac{\Phi}{E}.$$

Коэффициент мощности схемы

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

Мощность, теряемая в ПРА

$$P_{\text{а}} = P - P_{\text{е}}.$$

### Контрольные вопросы

1. Почему лампы ДНаТ не рекомендованы для освещения помещений, где производится зрительная работа?
2. Где применяются лампы ДНаТ?
3. За счет чего создается видимое излучение в лампах ДНаТ?
4. На какую мощность изготавливаются лампы ДНаТ?
5. Расшифровать обозначение лампы ДНаТ 150.
6. Световая отдача ламп ДНаТ.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### Тема: Управление электрическим освещением

- Цель работы:**
1. Изучить способы управления электрическим освещением.
  2. Изучить схемы управления наружным освещением.

### Краткие теоретические сведения

Управление освещением производственных помещений

*Дистанционное управление освещением*

Научно-внедренческое общество «ИНОСАТ» предлагает пульты

ПУ-Ин1, предназначенные для дистанционного управления, т. е. включения и отключения групповых линий электрического освещения производственных цехов и участков, имеющих большие пролеты.

Пульты ПУ-Ин1 могут применяться совместно с осветительными щитками и могут управлять шестью трехфазными или однофазными линиями.

Напряжение питания пульта управления 220 В переменного тока.

Пульт имеет изолированную нулевую (N) и связанную с корпусом защитную (PE) шины, что позволяет применять их в трех-пятипроводной системе электроснабжения.

Пульт состоит из вводного автоматического выключателя QF1, шести выключателей с фиксированным положением типа «ТУМБЛЕР» и семи комплектов с сигнальной арматурой на светодиодных излучателях.

Для дистанционного включения и выключения групповых линий освещения требуется дополнительно к пульту управления применить электромагнитные пускатели, которые своими главными контактами и будут производить включение или отключение групповых линий. Пульт управления может быть установлен в помещении диспетчера или в другом помещении с дежурным персоналом цеха или участка, а электромагнитные пускатели непосредственно у осветительного группового щитка.

Работает схема следующим образом.

Включением автоматического выключателя QF1 (рис. 8.1) подается напряжение на цепи управления и сигнализации. При этом получает питание светодиодный излучатель VD8, сигнализируя о подаче напряжения «Напряжение ВКЛЮЧЕНО». При необходимости включения групповых линий – включаются в ручном режиме выключатели SB1...SB6 дежурным персоналом цеха. После чего включаются электромагнитные пускатели, которые включают групповые линии освещения. Катушки электромагнитных пускателей подключаются к выводам XT11...XT16 пульта дистанционного управления. Отключение производится этими же выключателями SB1...SB6. Включенное состояние групповых линий освещения сигнализируют светодиодные излучатели VD9...VD14.

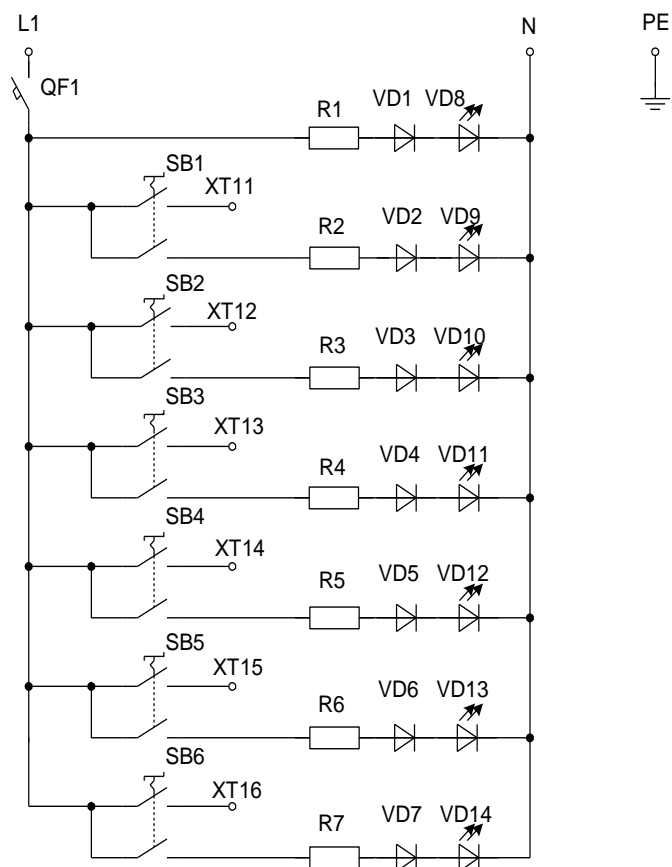


Рис. 8.1. Схема электрическая принципиальная пульта дистанционного управления ПУ-Ин1

Освещение производственных цехов и участков производится светильниками с мощными источниками света – лампами ДРЛ, ДРИ, ДНаТ мощностью 250, 400, 700, 1000 Вт, то питание групповых линий осуществляется по трехфазной системе напряжения с чередованием подключения светильников по фазам L1, L2, L3. В этом случае целесообразно будет применить предлагаемую схему (рис. 8.2) включения двух пускателей на одну трехфазную групповую линию. Тогда электромагнитным пускателем КМ1 производится управление светильниками, подключенными к фазам L1 и L2, а пускателем КМ2 – светильниками, подключенными к фазе L3. При одновременном включении пускателей КМ1 и КМ2 включаются все светильники групповой линии. Это позволит более гибко управлять групповыми линиями освещения.

Комбинация «включения – отключения» групповых линий в зависимости от уровня освещенности в помещении позволит существенно снизить электропотребление на электрическое освещение помещений производственных и других зданий.

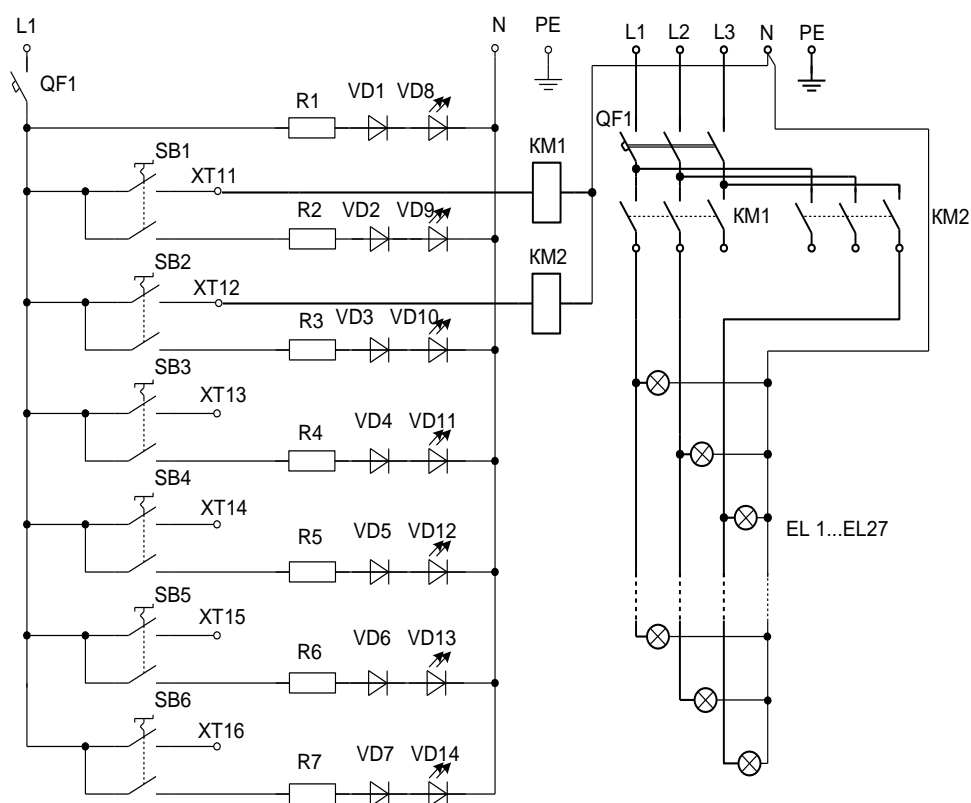


Рис. 8.2. Фрагмент схемы электрической принципиальной дистанционного управления с помощью электромагнитных пускателей

### *Автоматическое управление*

При включении пульта дистанционного управления ПУ-Ин1 совместно со светочувствительным автоматом (рис. 8.3) можно осуществить и автоматическое управление некоторыми групповых линий внутреннего освещения в зависимости от уровня естественного и искусственного освещения производственных помещений.

Светочувствительный сумеречный выключатель фирмы «ИНОСАТ-ЭНЕРГО» имеет два независимых канала с двумя нормами регулируемой освещенности. Используется для подачи команд на включение – отключение освещения двух групп светильников, когда освещенность датчика достигает заданного порога.

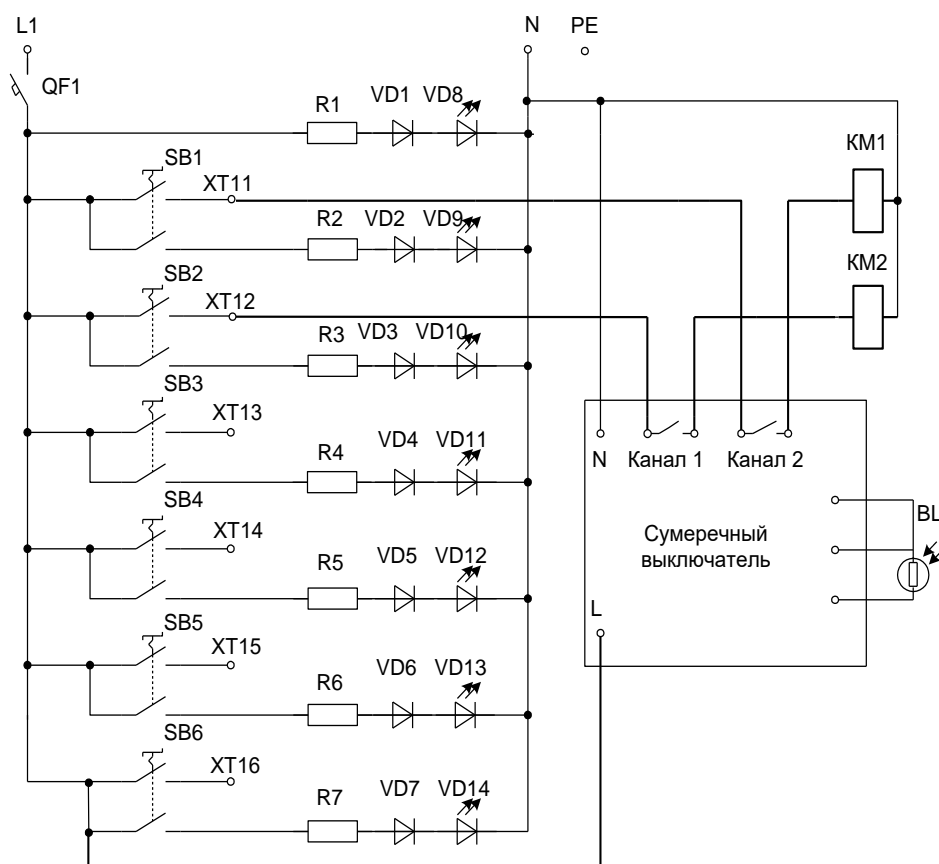


Рис. 8.3. Схема автоматического управления осветительной установкой внутреннего освещения

Технические данные сумеречного выключателя:

- напряжение 230 В переменного тока 50 Гц;
- пределы регулирования по каналу 1 – 2...150 лк, по каналу 2 – 150...7500 лк;
- номинальный ток контактов – 10 А;
- присоединение датчика кабелем  $2 \times 0,25 \text{ мм}^2$  длиной до 100 м.

Для осветительных установок большой мощности с большим количеством групповых линий фирмой «ИНОСАТ» предлагается шестиканальный цифровой блок, предназначенный для построения компактных систем управления освещением.

### **Освещение мест общего пользования**

Освещение мест общего пользования жилых домов, т.е. подъездов и лестничных площадок этажных домов, общественных зданий выполнено по традиционной схеме. В домах до пяти этажей устанавливались светильники типа ПСХ-60 с лампами накаливания на каждой лестничной площадке по одному светильнику. В жилых домах выше пяти этажей устанавливались светильники с лампами накалива-

ния по три светильника на каждой лестничной площадке или светильниками с люминесцентными лампами мощностью 1x18 Вт. Управление освещением, т.е. включение и отключение этих светильников производится выключателями общего пользования, которые устанавливаются на лестничной площадке при входе в подъезд и включают или отключают светильники одновременно на всех лестничных площадках.

Для улучшения рационального использования электрической энергии по освещению мест общего пользования жилых домов, общественных зданий можно применить лестничные автоматы.

Лестничный автомат, схема которого представлена на рис. 8.4, приспособлен для установки в щите освещения, предназначен для поддержания включенным освещение лестничной площадки в течение заданного промежутка времени (в диапазоне от 0,5 до 10 мин.). По истечении заданной уставки времени освещение автоматически выключается, т.е. включение освещения производится вручную, а отключение – автоматически с регулируемой выдержкой времени, которая позволяет подняться на свой этаж и открыть дверь квартиры.

Технические данные устройства:

напряжение питания – 220 В;

максимальный ток нагрузки – 10 А;

задержка выключения, регулируемая – 0,5 – 10 мин;

потребляемая мощность – 0,85 Вт;

степень защиты – IP65.

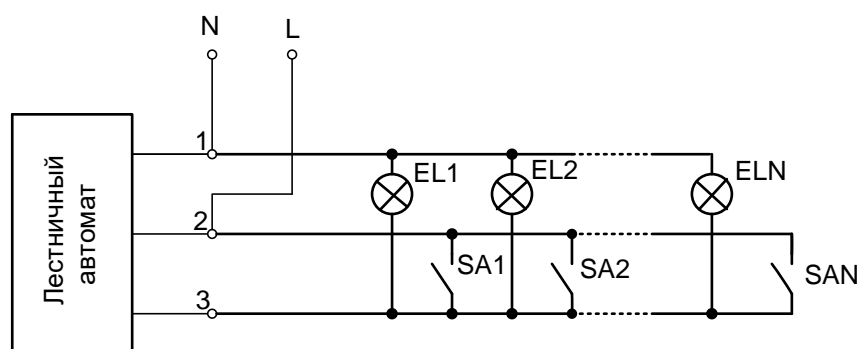


Рис. 8.4. Схема электрическая лестничного автомата управления освещением

Для установки лестничного автомата потребуется дополнительно установить на каждой лестничной площадке выключатели.

### **Управление наружным освещением**

Для управления наружным освещением территории промыш-

ленных предприятий применяется, как правило, дистанционное неавтоматическое (ручное) или автоматическое включение и отключение из диспетчерских пунктов предприятия. Диспетчер по индивидуальным линиям осуществляет включение или отключение того или иного участка сети наружного освещения.

Управление наружным освещением населенных пунктов, города выполняется централизованным дистанционным или телемеханическим. В отличие от дистанционного управления, при телемеханическом управлении все команды в виде закодированных электрических сигналов от диспетчера, или управляющей ЭВМ передаются по одному каналу телефонной связи. На объектах управления эти сигналы с помощью специальной аппаратуры преобразуются в команды управления, контроля, измерения, сигнализации.

Включение наружного освещения улиц, дорог, площадей производится при снижении уровня естественной освещенности до 20 лк, а отключение – при повышении освещенности до 10 лк. Нормирование уровня освещенности позволяет автоматизировать управление наружным освещением с помощью фотореле, схема которого приведена на рис. 8.5. Схема блока автоматического управления состоит из фотореле А1, фотодатчика ВЛ1, переключателя, магнитного пускателя сигнальной лампы и групповых автоматических выключателей. При достижении заданного уровня освещенности срабатывает фотореле и производит включение магнитного пускателя К1, который своими контактами включает групповые линии сети освещения.

Схема предусматривает также ручное управление с помощью переключателя SA1.

Для размещения аппаратуры управления наружным освещением электротехнической промышленностью производятся специальные шкафы наружного освещения (ШНО). Шкафы наружного освещения предназначены для приема, учета и распределения электрической энергии, а также защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях в осветительных сетях переменного тока частотой 50 Гц напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью.

Схемы шкафа ШНО предусматривают ручное и автоматическое управление электрическим освещением.

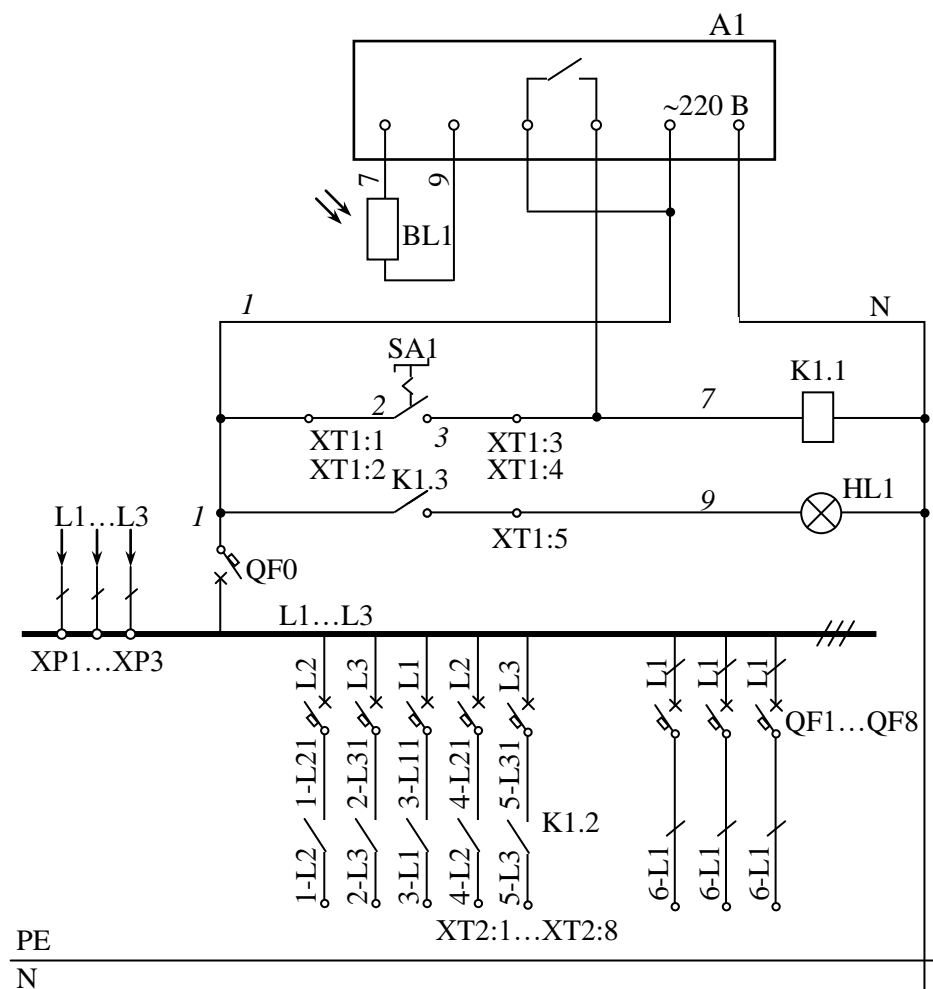


Рис. 8.5. Схема электрическая принципиальная управления наружным освещением с помощью фотореле

Ручное управление возможно при управлении кнопками, установленными на панели управления шкафа.

Каскадное управление (с аппаратурой управления от предыдущего участка) – автоматическое управление осуществляется подачей сигнала от предыдущего участка осветительной сети на реле KV1, KV2, управляющие в вечернем и ночном режиме освещения (рис. 8.6).

Включение вечернего освещения производится включением реле KV1, KV2 и магнитных пускателей KM1.1, KM2.1. При ночном режиме управления (с 0.00 до 6.00 утра) – вечернее освещение остается включенным пускателем KM2.1, а светильники, включенные пускателем KM1.1 по ночному режиму работы отключаются, т.е. отключается одна из фаз трехфазной системы. В результате в ночном режиме электрическое освещение улиц работает по схеме два включены – один отключен.



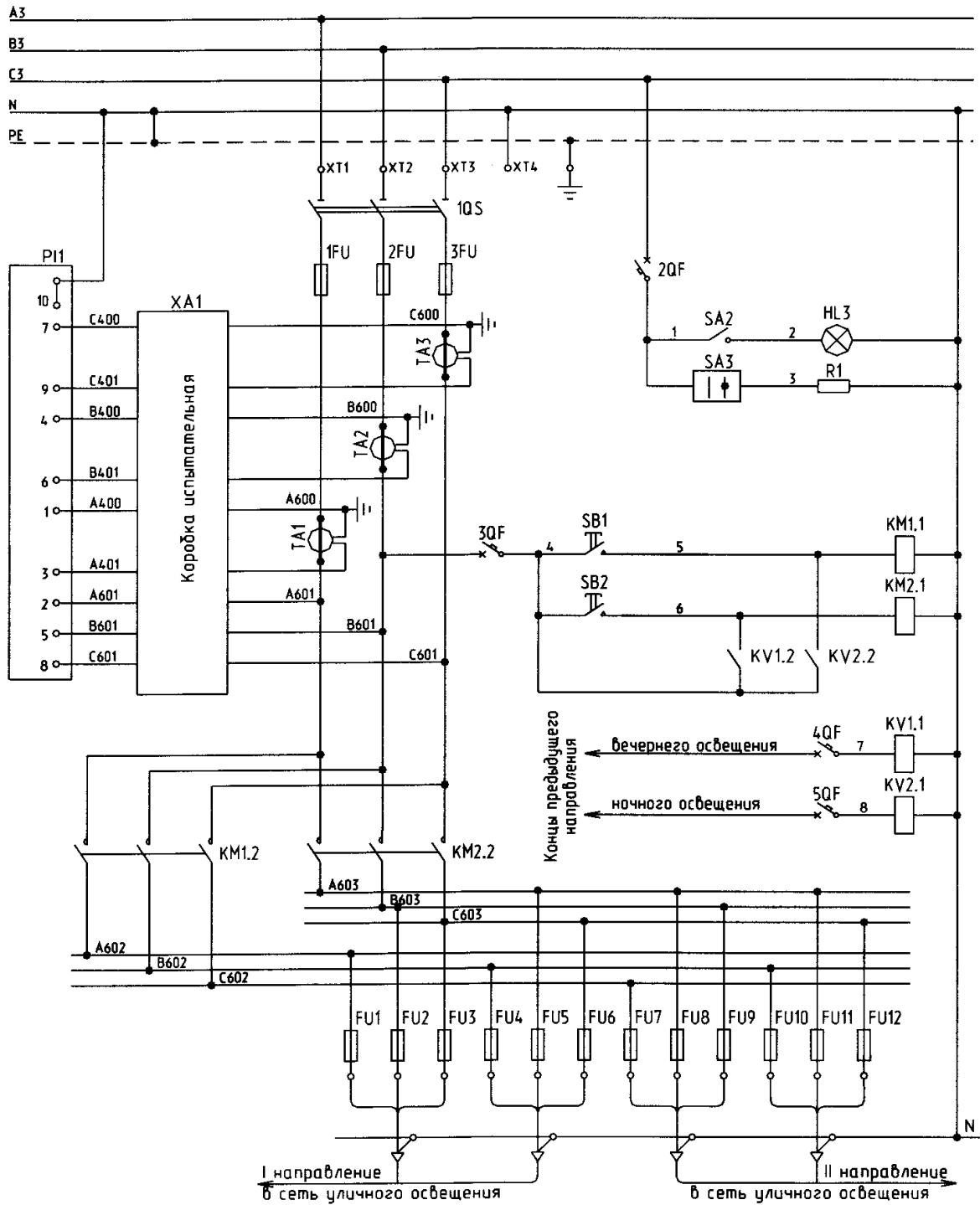


Рис. 8.6. Схема электрическая принципиальная каскадного управления наружным освещением

### Порядок выполнения работы

1. Вычертить схемы управления внутренним и наружным электрическим освещением (рис. 8.1 – 8.6) и пояснить работу схем.

## Контрольные вопросы

1. Какие способы управления электрическим освещением применяются в производственных помещениях?
2. Какие способы управления освещением в местах общественного пользования?
3. Как производится управление электрическим освещением с регулированием светового потока?
4. Как осуществляется каскадное управление уличным освещением?
5. Как производится управление вечернего и ночного режимов работы уличного освещения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Исследование инфракрасных излучателей

- Цель работы:**
1. Изучить основные характеристики установок инфракрасного излучения.
  2. Исследовать инфракрасный излучатель.

### Краткие теоретические сведения

#### *Установки инфракрасного облучения*

Инфракрасные лучи представляют собой электромагнитные колебания с длиной волны  $10^{-4}$ – $10^{-2}$  см. Они непосредственно примыкают к красному участку видимой части спектра, но не видимы глазом человека. Инфракрасные лучи практически не рассеиваются в пространстве и, проникая в глубь тел, производят их нагрев. Глубина проникновения зависит от свойств нагреваемого материала, его структуры, характера поверхности и может составлять от десятых долей до нескольких миллиметров.

Источник ИК совместно с арматурой называется облучатель.

Технические данные некоторых типов облучателей приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1

## Технические данные инфракрасных излучателей

Тип облучателя	Тип ИК излучателя	Мощность, Вт	Масса, кг
ОРИ-	ИКЗ 220-500	500	2,0
ОРИ-2	ПС-701Е-375	375	1,5
ОВИ-1	ИКЗК 220-500-1	500	1,5
ССП01-250	ИКЗ 220-250	250	2,4
«ЛАТВИКО»	КГ 220-1000	1000	2,5
ИКУФ-1	ИКЗК 220-250, ЛЭ-15	520	5,1
ИКУФ-1М	ИКЗК 220-250, ЛЭ-15	520	6,5
«ЛУЧ»	ИКЗК 220-250, ЛЭ-15	520	5,9
ОКВ-1376А	ТЭН	1200	

В настоящее время применяются инфракрасные обогреватели серий «ЭкоЛайн», «Комфорт», «Классик» предназначенные для обогрева помещений, в том числе и сельскохозяйственных.

Обогреватель состоит из прямоугольного металлического корпуса 1 (рис. 9.1.), покрытого жаростойкой краской, с элементами крепления 2. Низкотемпературный ТЭН 3 вмонтирован в теплоизлучающую пластину, которая представляет собой высокоточный анодированный профиль 4 из алюминия. Между корпусом и теплоизлучающей пластиной находится высококачественный теплоизолятор 5. Крышка 6 в корпусе закрывает клеммник для подключения обогревателя к сети.

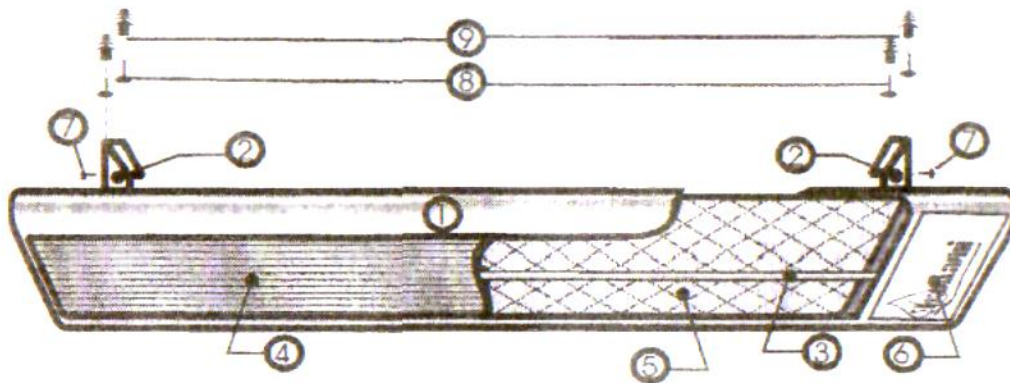


Рис. 9.1. Конструкция теплоизлучателя

**Применение инфракрасных излучателей для обогрева**

При применении инфракрасное излучение облучателя для обогрева животных и птицы в сельскохозяйственных помещениях теплооблучатели размещают над животными, в результате облучаемое тело ощущает температуру более высокую, чем температура окружающего воздуха.

Температура, которую ощущает тело в результате действия на него ИК излучения и теплоты окружающего воздуха, называется ощущаемой температурой

$$t_o = t_{\text{ë}} + t_{\text{â}}, \quad (9.1)$$

где  $t_o$  – ощущаемая температура, °С;

$t_{\text{ë}}$  – лучистая температура ИК, °С;

$t_{\text{â}}$  – температура окружающего воздуха.

Лучистая температура определяется по выражению

$$t_{\text{ë}} = 0,04 \cdot E \cdot K, \quad (9.2)$$

где 0,04 – коэффициент, связывающий ИК облучатель с лучистой температурой,  $(\text{°С} \cdot \text{м}^2)^{-1}$ , Вт;

$K$  – коэффициент «восприятия» ИК излучения организмом животного;

$E$  – облученность поверхности тела.

Высота подвеса облучателя определяется исходя из зависимости  $E(h)$  для принятого облучателя. Требуемую облученность  $E$  определяют по заданной величине  $t_o$  и фактической температуре в помещении  $t_{\text{â}}$

$$E = (t_o - t_{\text{â}}) / 0,04 \cdot K. \quad (9.3)$$

По облученности  $E$  и зависимости  $E(t)$  определяют требуемую высоту подвеса облучателя.

### Описание лабораторной установки

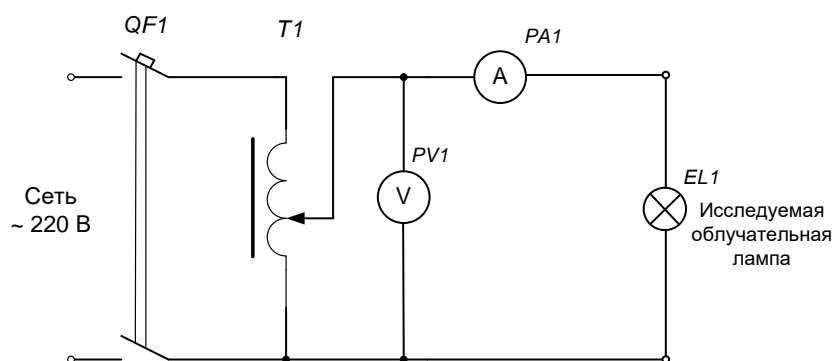


Рис. 9.2. Схема опыта

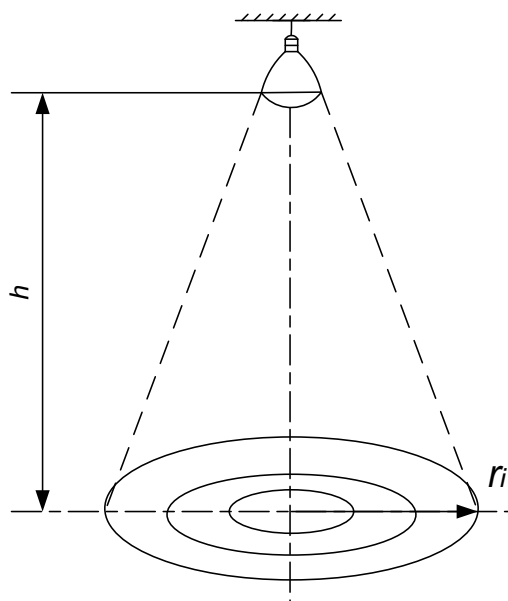


Рис. 9.3. Рисунок к опыту

### Содержание работы

1. Изучить особенности устройства и технические данные инфракрасных источников излучения.
2. Определить мощность облучателей при номинальном напряжении инфракрасных источников излучения.
3. Исследовать зависимость облученности и ощущаемой температуры от напряжения и высоты подвеса облучателя.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить технические данные исследуемых инфракрасных излучателей.
2. Собрать схему лабораторной установки и подключить инфракрасный излучатель (рисунок 9.2).
3. Включить вводной автоматический выключатель и установить номинальное напряжение регулятором напряжения Т1.
4. Записать показания амперметра и вольтметра в таблицу 9.1.
5. Исследовать зависимость облученности от величины напряжения питания и высоты подвеса:
  - установить облучатель над облучаемой поверхностью;
  - плавно изменяя напряжение питания с интервалом 10 В в пределах 140...220 В;

- измерить облученность термостолбиком, подключенным к милливольтметру;
- изменять высоту подвеса с интервалом 0,1 м в пределах 0,6...1,2 м повторять измерения напряжения и облученности;
- 6. Результаты измерений записать в таблицу 9.2.
- 7. Вычислить среднюю облученность по формуле:

$$E_{\text{пд}} = \sum_{i=1}^n 2 \cdot E_i \cdot \pi \cdot (r_i^2 - r_{i-1}^2), \quad (9.4)$$

где  $E_i$  – средняя облученность круга с внутренним и наружным радиусами  $r_i$  и  $r_{i+1}$ .

Лучистую температуру  $t_{\text{л}}$  определить по формуле 9.2

$$t_{\text{л}} = 0,04 \cdot E \cdot K.$$

Таблица 9.2

Зависимость облученности от напряжения питания и высоты подвеса облучателя

$h, \text{ м}$	$U, \text{ В}$	Измерено						Вычислено	
		облученность на расстоянии от центра проекции лампы, м						$E_{\text{ср}}, \text{ Вт} \cdot \text{ м}^{-2}$	$t_{\text{л}}, \text{ }^\circ\text{C}$
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5		

8. Исследовать зависимость облученности при изменении расстояния от центра проекции лампы (рис. 9.3):
- установить номинальное напряжение 220 В;
  - определить кривые распределения инфракрасной облученности в продольной и поперечной плоскостях, проходящих через центр проекции облучателя на горизонтальную плоскость рабочей поверхности, которая отстоит от облучателя на расстоянии  $h$  (значения  $h$  установить на высоте 0,5 затем 0,7 и 0,9 м, повторяя измерения облученности);
  - показания приборов записать в таблицу 9.3.

Таблица 9.3

Зависимость распределения инфракрасной облученности в зависимости от высоты подвеса облучателя

Расположение контрольных точек вдоль оси	Высота подвеса облучателя, $h$ , м	Расстояние от центра, м					
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
продольной							
поперечной							

### Контрольные вопросы

1. Природа и воздействие инфракрасного излучения на животных и птицу.
2. Перечислите устройство и основные характеристики инфракрасных ламп.
3. Устройство инфракрасных излучателей.
4. Способы регулирования температуры облучения (обогрева).
5. Назовите типы некоторых инфракрасных обогревателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. М.: Главгосэнергонадзор, 1998.
2. Баранов Л.А., Захаров В.А., Баранов Л.А. Светотехника и электро-технология. М.: КолосС, 2013. 344 с.
3. Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света: учебное пособие. М.: Энергоатомиздат, 2014. 384 с.
4. Закс М.И., Курский Л.Д. Основы светотехники и цветоведения в фотографии. М.: Легкая индустрия, 2012. 152 с.
5. Рассел Дж. Автомобильная светотехника. М.: Книга по Требованию, 2012. 159 с.
6. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995.
7. Шашлов А.Б. Основы светотехники. М.: Логос, 2011. 871 с.
8. Шашлов А.Б. Основы светотехники: учебник. М.: Логос, 2015. 272 с.
9. Соловьев Ю.М., Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Светотехника и электротехнологии. Расчет освещения сельскохозяйственных объектов: методические указания и задания для курсовой работы. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. 72 с.
10. Яковенко Н.И., Жиряков А.В., Ковалев В.В. Светотехника: учебное пособие для студентов бакалавриата направлений подготовки: 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника и 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 144 с.

[http://electro-vgsha.narod.ru/Biblioteka/Electrotehnologia\\_1.pdf](http://electro-vgsha.narod.ru/Biblioteka/Electrotehnologia_1.pdf)



Учебное издание

Жиряков Алексей Васильевич  
Иванюга Михаил Михайлович  
Ковалев Виталий Витальевич  
Яковенко Николай Иванович

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ И ИЗЛУЧАЮЩИЕ УСТАНОВКИ**

Учебное пособие  
по выполнению лабораторных и практических работ  
для студентов направлений подготовки  
35.03.06 Агроинженерия  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 20.03.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,77. Тираж 25 экз. Изд. № 7478.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ