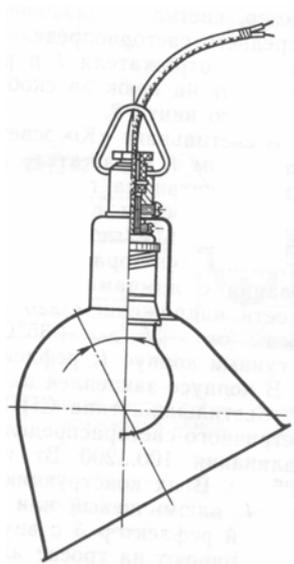


ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ И ОБЛУЧЕНИЕ



Издательство ТГТУ

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ
ОСВЕЩЕНИЕ И
ОБЛУЧЕНИЕ**

Методические указания к курсовой работе
для студентов 4, 5 курса дневного и заочного отделений
специальностей 311400, 100400, 101600

Тамбов
• Издательство ТГТУ •

2003

УДК 628.9
ББК § 294я73-5
Э 45

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
С. И. Дворецкий

Э 45 Электрическое освещение и облучение: Метод. указ. к курсовой работе / Авторы-сост.: Е. А. Печагин, Ж. А. Зарандия. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2003. 32 с.

Методические указания содержат пояснения и пример выполнения основных разделов курсовой работы по дисциплинам "Светотехника и электротехнология", "Электроснабжение".

Предназначены для студентов 4, 5 курсов дневного и заочного отделений специальностей 311400, 100400, 101600 и могут быть полезны студентам дипломникам других технических специальностей.

УДК 628.9
ББК § 294я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2003

Учебное издание

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ
ОСВЕЩЕНИЕ И ОБЛУЧЕНИЕ**

Методические указания

Авторы-составители: **Печагин** Евгений Александрович,
Зарандия Жанна Александровна

Редактор В. Н. Митрофанова
Инженер по компьютерному макетированию Е. В. Кораблева

Подписано к печати 20.03.2003
Формат 60 × 84/16. Бумага газетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,8 уч.-изд. л.
Тираж 120 экз. С. 198

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14

Введение

Выполнение курсовой работы по расчету осветительных установок для производственных объектов является завершающим этапом изучения студентами курса "Электрическое освещение и облучение".

Цель работы – систематизировать и углубить знания студента, полученные при изучении теоретического курса, дать навыки для их практического применения при решении конкретно поставленной задачи, а также предоставить возможность студенту проявить творческие способности в области проектирования осветительных и облучательных установок сельскохозяйственного назначения.

1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1.1 Общая часть

В общей части приводятся исходные данные для разработки проекта, краткая характеристика освещаемого объекта, его специфика, характеристика технологического процесса, общая площадь помещения.

1.2 Светотехническая часть

В светотехнической части рассмотрение вопросов производится в следующей последовательности:

- а) выбор освещенности и коэффициента запаса;
- б) выбор источника света;
- в) выбор вида и системы освещения;
- г) выбор типа светильников;
- д) размещение осветительных приборов;
- е) светотехнический расчет, расчет установленной мощности;
- ж) составление светотехнической ведомости.

1.3 Электротехническая часть

Электротехническая часть включает в себя решение следующих основных вопросов:

- а) выбор схемы питания осветительной установки и определение нагрузок;
- б) выбор типа и числа групповых щитков и определение мест их расположения;
- в) выбор трасс прокладки осветительной сети;
- г) выбор марки проводов и способов прокладки сети в зависимости от характеристики помещения;
- д) расчет электрической сети по величине допустимой потери напряжения с последующей проверкой выбранного сечения по току нагрузки и механической прочности;
- е) выбор аппаратуры для защиты осветительных сетей и управления ими.

1.4 Графическая часть

В графической части должны быть изображены:

- а) планы и характерные разрезы, на которых наносится светильники и групповые сети, щитки, выключатели, штепсельные розетки;
- б) условные обозначения, не содержащиеся в ГОСТ;
- в) однолинейная расчетная схема электрической цепи (приложение);
- г) спецификация.

Спецификация графической части должна содержать перечень электрооборудования и основных материалов с указанием их количества.

1.5 Проектирование облучательных установок

Проектирование облучательных установок сельскохозяйственного назначения ведут в следующей последовательности:

- 1 Уточняют агробиологические, зоотехнические или другие требования, предъявляемые к проектируемой установке и условия ее эксплуатации.
- 2 Выбирают тип источника излучения и облучательной установки.
- 3 Рассчитывают облучательную установку, определяя мощность, количество требующихся источников излучения и конструктивные параметры облучательной установки.
- 4 Разрабатывают конструкцию облучательной установки применительно к помещению, в котором она будет эксплуатироваться.
- 5 Выбирают марки проводов и способ их прокладки.
- 6 Рассчитывают сечения проводов, выбирают защитные аппараты.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы необходимо начинать с тщательного изучения полученного задания и соответствующих разделов литературы [1 – 10]. Планы всех помещений вычерчиваются в масштабе 1:50, 1:100 или 1:200, а для наружного освещения план территории в масштабе 1:1000 или 1:500.

Строительная часть здания, а также основное оборудование наносится тонкими линиями. Питающая и групповая сети наносятся в однолинейном изображении толстыми линиями с использованием условных обозначений в табл. 2, 3.

Разработка светотехнической части должна производиться отдельно для каждого из указанных в задании помещений, а также для наружных площадок в зависимости от их размеров, характеристики среды, характера выполняемых в них работ и других данных.

Выбор источников света, величины освещенности, системы освещения и типа светильников производится по рекомендациям, приведенным в литературе [1, 2, 4, 5, 7, 8, 9].

При размещении светильников на плане помещения и определении их необходимого количества следует пользоваться оптимальными относительными расстояниями, разработанными для наиболее распространенных светильников [1, 2, 3, 6]. Выбранное размещение светильников для помещений с наибольшим числом светильников должно быть иллюстрировано в пояснительной записке чертежами с обозначениями светильников и стен помещений, указав при этом размеры помещений и расстояния между светильниками и от крайних светильников до стен.

При наличии рабочих поверхностей у стен расстояние от крайнего ряда светильников до стены должно составлять 0,25 ... 0,3 расстояния между светильниками. При отсутствии рабочих поверхностей у стен расстояние можно увеличить до 0,4 ... 0,5.

Расчет освещения точечным методом может быть выполнен в курсовой работе для какого-либо помещения с числом светильников более четырех и для расчета наружного освещения (выгульные дворы или наружные площадки).

Во всех случаях расчет должен быть проиллюстрирован в пояснительной записке эскизом.

2.1 Точный метод

При расчете точечным методом пользуются формулой

$$\Phi = \frac{1000 E_{\min} K_3}{\mu \sum e}, \text{ Лм} \quad (1)$$

где E_{\min} – нормированная освещенность, ЛК; μ – коэффициент добавочной освещенности всегда больше единицы, зависит от типа светильников табл. 13 [1]; K_3 – коэффициент запаса.

Расчет точечным методом выполняется в следующей последовательности:

- 1 На плане помещения с нанесенными светильниками выбирают контрольные точки, освещенность в которых может быть наименьшей.

2 В каждой контрольной точке вычисляют условную освещенность, используя формулу

$$\sum e = \frac{I_1 \cos^3 \alpha}{h^2} + \frac{I_2 \cos^3 \alpha}{h^2} + \frac{I_3 \cos^3 \alpha}{h^2}, \text{ Лм} \quad (2)$$

где I_1, I_2, I_3 – условная сила света светильников в направлении освещаемой точки, определяемая по кривой светораспределения данного светильника, Кд; α – угол между осью светильника и линией, соединяющей световой центр с освещаемой точкой; h – расчетная высота подвеса светильника, м.

Также, для вычисления условной освещенности можно пользоваться кривыми пространственных изолюкс, которые имеются для каждого светильника [1, 3, 9, 12].

3 Из контрольных точек выбирают точку с условной наименьшей освещенностью, которая является расчетной.

4 Выбирают коэффициент запаса K_3 и коэффициент добавочной освещенности μ .

5 По расчетной формуле (1) вычисляют величину требуемого светового потока лампы для светильника.

6 По найденному световому потоку, пользуясь справочной таблицей [1, 9], находят мощность лампы и подсчитывают мощность всей осветительной установки.

2.2 Метод коэффициента использования светового потока

Сущность метода состоит в том, что при известном количестве и типе светильников определяется коэффициент использования светового потока

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{ист}}}{\Phi_{\text{р.п}}}, \quad (3)$$

где $\Phi_{\text{ист}}$ – суммарный световой поток источников света осветительной установки; $\Phi_{\text{р.п}}$ – световой поток на расчетной поверхности.

Порядок проведения расчета следующий:

- 1 Проверяют применимость расчета.
- 2 Определяют величину нормированной освещенности.
- 3 Выбирают тип светильников, определяют их количество и расположение на плане.
- 4 Определяют коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{пот}}$, стен ρ_c и пола $\rho_{\text{п}}$.
- 5 Определяют индекс помещения (влияние формы помещения на величину h) по формуле

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (4)$$

где h – расчетная высота, м; A и B – длина сторон помещения, м.

- 6 По справочным таблицам [1, 9] определяют коэффициент использования светового потока η .
- 7 Определяют коэффициенты запаса K_3 и коэффициент минимальной освещенности Z (табл. 1)

$$Z = \frac{E_{\text{сп}}}{E_{\text{мин}}}$$

8 Вычисляют требуемый световой поток источника света по формуле

$$\Phi = \frac{E_{\text{мин}} K_3 S Z}{N \eta}, \quad (3)$$

где Φ – световой поток каждой лампы, рассчитываемой осветительной установки, Лм.

1 Определение коэффициента минимальной освещенности

Тип светильника	Значение коэффициента z при относительном расстоянии между светильниками, м			
	0,8	1,2	1,6	2,0
ППД	1,2	1,15	1,25	1,5
Глубокоизлучатель эмалированный	1,15	1,1	1,2	1,4
ПО-21	1,0	1,0	1,2	2,2

Для светильников не указанных в табл. 1, коэффициент принимается равным 1,1 ... 1,2.

Если при выборе ламп ближайшие лампы имеют световой поток, отличающийся от расчетного на – 10 ... +20 %, то выбирать необходимо лампу с большим или меньшим световым потоком. Затем подставляют величину потока в расчетную формулу и решают относительно числа светильников N . Тогда первоначальный вариант числа и расположение светильников несколько изменится.

2.3 Метод удельной мощности

Методом удельной мощности пользуются при поверочных и ориентировочных расчетах с целью учета осветительной нагрузки при выборе мощности трансформаторной подстанции.

Расчет освещения ведут в такой последовательности:

- 1 Выбирают тип светильника.
- 2 Выбирают наиболее выгодное расположение светильников.
- 3 Определяют мощность каждого из светильников по формуле

$$P = \frac{p_{уд} S}{N}, \text{ Вт,}$$

где S – площадь помещения, м²; N – число светильников; $p_{уд}$ – удельная мощность на освещение, Вт/м² [9].

2.4 Расчет люминесцентного освещения

Линейные изолюксы дают относительную горизонтальную освещенность e при $h = 1$ м и $\Phi = 1000$ лм/м (Φ – плотность потока в ряду).

Для определения e находят (рис. 1)

$$P' = P/h \text{ и } L' = L/h,$$

где L – длина ряда; h – высота подвеса; P – расстояние от ряда до контрольной точки.

Ряд светильников

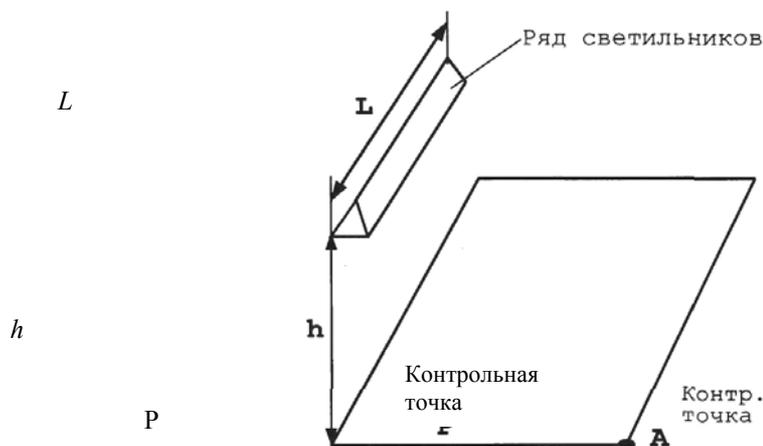


РИС. 1

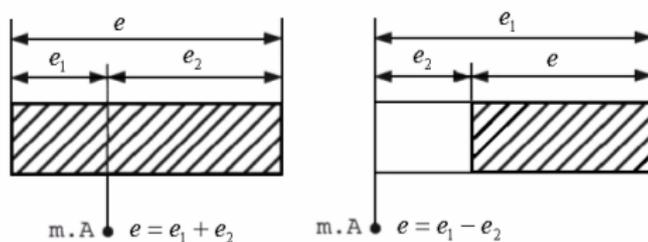


РИС. 2

Если точка не лежит против конца ряда светильников, то последний разделяется на две части или дополняется условным отрезком с последующим сложением или вычитанием освещенности (рис. 2).

Суммирование значений e для всех рядов освещающих точку, дает Σe , затем находится плотность потока Φ , необходимая для получения в точке освещенности E при коэффициенте запаса K_3 по формуле

$$\Phi' = \frac{1000 EK_3 h}{\mu \Sigma e}, \text{ лм/м.}$$

Умножаем Φ' на длину каждого ряда светильников L и находим полный поток ламп ряда, на основании чего подбирают число и мощность ламп.

2.5 Выбор напряжения и источников питания

Преимущественно применяются осветительные сети переменного тока с заземленной нейтралью напряжением 380/220 В.

Сети с изолированной нейтралью напряжением 220 В и ниже применяются в основном в специальных электроустановках при повышенных требованиях к электробезопасности.

Напряжение 12 и 36 В применяется, преимущественно для местного и переносного освещения лампами накаливания.

Снижение напряжения по отношению к номинальному не должно у наиболее удаленных ламп превышать следующие значения:

2,5 % – у ламп рабочего освещения промышленных и общественных зданий, а также прожекторного освещения наружных установок;

5 % – у ламп рабочего освещения жилых зданий, наружного освещения, выполненного светильниками, и аварийного освещения;

10 % – у ламп 12 ... 36 В, считая от выводов низкого напряжения: понижающего трансформатора.

2.6 Групповые осветительные сети

Согласно требованиям ПУЭ ток защитных аппаратов на групповых линиях не должен превышать 25 А, а при газоразрядных лампах 125 Вт и выше и ламп накаливания 500 Вт и выше – 63 А. При этом число ламп на группу не должно превышать 20, а при питании люминесцентных светильников на 2 и более лампы – не более 50.

При установке в помещениях с тяжелыми условиями среды рекомендуется применение щитков серии ПР9000 и щитков ОПМ; в помещениях с нормальными условиями среды – щитков серии СУ9000 (как при утопленной, так и открытой установке), щитков ОП, ОЩВ.

Щитки, устанавливаемые во взрывоопасных зонах, следует принимать типа ЩОВ.

Для утопленной установки (в нишах) следует принимать щитки СУ9000, УОЩВ, Щ031-Щ033.

В качестве магистральных шкафов, не предназначенных для управления освещением, рекомендуется применение шкафов с предохранителями типа СП-СПУ.

Для питания и дистанционного управления установками с лампами ДРЛ при необходимости компенсации реактивной мощности последних необходимы щитки серии ПР41.

Сортамент и технические данные щитков в табл. 4-1, 4-2 [17, 18].

Минимальные сечения проводников по механической прочности приведены в табл. 12-1 [9]. При выполнении тросовых проводок в зависимости от нагрузки стальные тросы следует принимать диаметром 1,95 ... 6,5 мм, катанку – диаметром 5,5 ... 8 мм.

При струнных проводках, когда на катанке подвешивается только кабель групповой сети без светильников и крепление катанки осуществляется не более чем через 4 м, диаметр катанки принимается равным 2 ... 4 мм.

2.7 Электротехнический расчет

Выбор сечений проводников по нагреву. Нагрев проводников вызывается прохождением по ним тока величина которого определяется:

а) для трехфазной сети с нулем и без нуля при равномерной нагрузке фаз

$$I = \frac{P_3}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi}, \text{ А};$$

б) для двухфазной сети с нулем при равномерной нагрузке фаз

$$I = \frac{P_2}{2U_\phi \cos \varphi}, \text{ А};$$

в) для двухпроводной сети

$$I = \frac{P_1}{U_n \cos \varphi}, \text{ А};$$

г) для каждой из фаз двух- и трехфазной сети с нулем при любой нагрузке, в том числе и неравномерной

$$I = \frac{P_1}{U_\phi \cos \varphi}, \text{ А}.$$

Длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей в зависимости от условий прокладки приведены в табл. 12-2 – 12-4 [9], табл. 4-8 [17].

Величина располагаемых (допустимых) потерь напряжения в сети определяется из выражения

$$\Delta U = U_{x,x} - U_{\min} - \Delta U_T,$$

где ΔU – располагаемая потеря напряжения в сети, %; $U_{x.x}$ – номинальное напряжение при холостом ходе трансформатора, %; U_{\min} – допускаемое напряжение у наиболее удаленных ламп, %; ΔU_T – потеря напряжения в трансформаторе приведенная к вторичному напряжению %.

В общем виде потеря напряжения в сети определяется по формулам:

а) в сетях без индуктивности

$$\Delta U = I R, \text{ В};$$

б) в сетях с индуктивностью

$$\Delta U = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi), \text{ В}.$$

Если выразить ΔU , % от U_n , а ток нагрузки через мощность, кВт, то получим формулу следующего вида из предыдущей

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 10^{11}}{\gamma S U_n^2} M, \%,$$

для 4-проводной трехфазной с нулем и трехфазной 3-проводной без нуля сети

$$\Delta U = \frac{10^{11}}{\gamma S U_n^2} M, \%,$$

для 3-проводной двухфазной сети с нулем

$$\Delta U = \frac{2,25 \cdot 10^{11}}{\gamma S U_n^2} M, \%,$$

где γ – удельная проводимость проводника; S – сечение проводника, мм^2 ; U_n – номинальное напряжение сети (для трех- и двухфазных сетей – линейное), В; M – момент нагрузки, равный произведению нагрузки P , кВт, на длину линии l , м.

При заданных номинальном напряжении сети и материале проводника:

$$\Delta U = \frac{M}{CS}, \%, \quad \text{или} \quad S = \frac{M}{C \Delta U}, \text{ мм}^2$$

где C – коэффициент, значение которого при различных напряжениях и материале проводника приведено в табл. 12-9 [1].

Во многих случаях бывает достаточно экономичным принимать потерю напряжения в групповой сети, равную 1,5 ... 2,0 %, а остальную часть терять в питающей сети.

Расчетная нагрузка определяется:

а) для ламп накаливания

$$P_p = P_y K_c, \text{ кВт};$$

б) для люминесцентных ламп

$$P_p = 1,25 P_y K_c, \text{ кВт};$$

в) для ртутных ламп типа ДРЛ

$$P_p = 1,12 P_y K_c, \text{ кВт},$$

где P_y – установленная мощность светильников, кВт; K_c – коэффициент спроса; 1,12 и 1,25 – коэффициенты, учитывающие потерю мощности в пускорегулирующих устройствах люминесцентных ламп и ламп ДРЛ соответственно.

Несколько сложнее обстоит дело, когда рассчитываемая линия состоит не из одного участка, а к ней вдоль линии присоединяется несколько потребителей P_1 , P_2 и P_3 .

Примем, что сечение проводов на всех участках одинаково и равно S .

Если необходимо определить потерю по каждому участку, то расчет примет следующий вид:

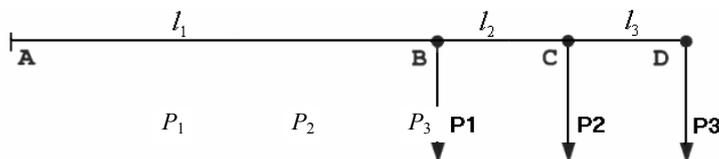


РИС. 3

а) участок CD

$$\Delta U_{CD} = \frac{P_3 l_3}{CS} = \frac{M}{CS};$$

б) участок BC

$$\Delta U_{BC} = \frac{(P_2 + P_3) l_2}{CS} = \frac{M}{CS};$$

в) участок AB

$$\Delta U_{AB} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) l_1}{CS} = \frac{M_1 l_1}{CS}.$$

Зная потерю напряжения по участкам, общая потеря определяется сложением:

$$\Delta U = \Delta U_{CD} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{AB}.$$

Если требуется знать потерю напряжения не на каждом участке, а сразу по всей линии, то следует использовать следующую формулу

$$\Delta U = \frac{\sum M}{CS},$$

где $\sum M$ – сумма моментов нагрузки для всех участков рассчитываемой линии, кВт·м. Когда по заданной потере напряжения ΔU требуется определить сечение S , расчет ведется по формуле

$$S = \frac{\sum M}{C \Delta U}.$$

Часто в результате расчета сечение проводов получается нестандартным. Тогда для прокладки выбирается большее ближайшее или меньшее стандартное сечение, а действительная потеря напряжения определяется по формуле

$$\Delta U_{уд} = \Delta U \frac{S_{расч}}{S_{станд}}$$

где $S_{расч}$ – сечение проводов, полученное по расчету; $S_{станд}$ – принятое стандартное сечение проводов.

2 Условные обозначения на планах

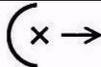
Наименование	Обозначения
1 Линия проводки. Общее обозначение	
2 Линия заземления, зануления	
3 Конструкции металлические, используемые в качестве магистралей заземления, зануления	
4 Линия сети аварийного и охранного освещения	
5 Линия напряжением 36 В и ниже	
6 Проводка гибкая	
7 Проводка в трубах:	
а) труба, прокладываемая скрыто (в бетоне, полу, грунте и т.п.), с указанием отметки заложения	
б) группа труб, прокладываемых скрыто	
в) труба, прокладываемая открыто	
г) группа труб, прокладываемых открыто	
8 Прокладка вертикальная:	
а) проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой	
б) проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой	
в) проводка пересекает отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана	
9 Коробка ответвительная	
10 Коробка, ящик без клемм	

Продолжение табл. 2

<p>11 Щит, пульт, ящик с аппаратурой (коммутационные, управления и т.п.):</p> <p>а) общее обозначение</p> <p>б) из нескольких панелей</p> <p>12 Щит, распределительный пункт</p> <p>13 Щиток группового рабочего освещения</p> <p>14 Щиток аварийного группового освещения</p> <p>15 Выключатель общее обозначение</p> <p>16 Выключатель однополюсный</p> <p>17 Выключатель двухполюсный</p> <p>18 Светильник с лампами накаливания:</p> <p>а) подвесной</p> <p>б) настенной</p> <p>в) потолочной</p> <p>г) встроенной</p> <p>19 Светильник с люминесцентными лампами:</p> <p>а) подвесной</p> <p>б) потолочной</p> <p>г) встроенной</p>	
--	--

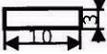
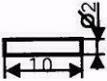
Продолжение табл. 2

Наименование	Обозначения
20 Светильник с лампой ДРЛ	

21 Прожектор	
22 Светильник сигнальный (сигнал в начале работы конвейера, сигнал аварийной остановки и т.д.)	
23 Розетка штепсельная. Общее обозначение	
24 Светильник указателя выхода при аварии	
25 Прокладка в металлических трубах	Т
26 Прокладка в пластмассовых трубах	П
27 Прокладка в металлических рукава	М _р
28 Прокладка на изоляторах	И
29 Прокладка на клицах	К
30 Прокладка на тросе	Т _с
31 УСТАНОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ СВЕТИЛЬНИКА: А – МОЩНОСТЬ ЛАМП, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ В СВЕТИЛЬНИКЕ; Б – ВЫСОТА ПОДВЕСА СВЕТИЛЬНИКА НАД ПОЛОМ	а
32 Мачта прожекторная (М), вышка (В) на крыше здания: № – номер по плану	М№ $\frac{a}{b-v}$
а – общая установленная мощность;	• $\frac{a-b}{v}$
б – высота установки прожектора;	
в – высота вышки	
33 Контрольная точка с указанием величины расчетной освещенности в люксах: а, б – двухсторонняя вертикальная освещенность; в – горизонтальная освещенность	

3 Рекомендуемые размеры графических обозначений

Наименование	Обозначения
1 Коробка ответвительная	

2 Щит, шкаф	
3 Выключатель	
4 Розетка штепсельная	
5 Выключатель кнопочный	
6 Светильник с лампами накаливания	
7 Светильник с люминесцентными лампами	
	

3 ПРИМЕР РАСЧЕТА

4 Исходные данные

Цех	Среда цеха	Площадь цеха, $a \times b$, м	Шаг колонн, м	Высота цеха, м	Разряд работ	Длина до главного щитка от источника питания, м
Ремонтно-механический	Нормальная	24 × 24	6	10	III в	50

3.1 Выбор освещенности и коэффициента запаса

Принимаем общую равномерную систему освещения. Освещенность выбираем по разряду зрительной работы из табл. 4.1 [9].

При разряде зрительной работы III в и системе общего освещения освещенность составляет 300 лк. Для ремонтно-механического цеха коэффициент запаса принимается 1,5.

3.2 Выбор источника света и осветительного прибора

С учетом рекомендаций для **ремонтно-механического** цеха по [9] выбираем полностью пылезащищенный светильник РСП-05 с кривой силы света Г-1, применим в данном светильнике дуговую ртутную лампу ДРЛ.

3.3 Размещение осветительных приборов

Исходные данные для проектирования представлены в табл. 4.

Высота светильников над полом $h_{\text{п}} = H - h_{\text{с}} = 10 - 2 = 8$ м ($H = 10$ м – высота помещения; $h_{\text{с}} = 2$ м – расстояние светильников от перекрытия ("свес")).

Расчетная высота $h = h_{\text{с}} - h_{\text{р}} = 8 - 1 = 7$ м ($h = 7$ м – высота расчетной поверхности над полом), $h_{\text{р}} = 1$ м – высота рабочей поверхности.

3.4 Расчет освещенности методом коэффициента использования

Зависимость η от площади помещения, высоты и формы учитывается индексом помещения i

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{24 \cdot 24}{7 \cdot (24+24)} = 1,71.$$

Из [9] при $\rho_{\text{пот}} = 0,7$, $\rho_{\text{ст}} = 0,5$, $\rho_{\text{п}} = 0,3$, $i = 2$ коэффициент использования η принимается равным 90 %.

Необходимый световой поток определяется:

$$\Phi = \frac{EK_3 Az}{N\eta};$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 576 \cdot 1}{16 \cdot 0,9} = 18\,000 \text{ лм.}$$

Ближайшая стандартная лампа ДРЛ400 имеет световой поток 19 000 лм, что на 5 % больше найденного значения, что допустимо.

3.5 Расчет освещенности точечным методом

Освещенность в контрольной точке горизонтальной плоскости найдем по формуле (2).

По рис. 9.2 [20] для определенного расстояния d находим угол $\alpha = 40^\circ$, далее по рис. 5.7 [20] для КСС Г-1 определим I_α , $\cos^3 \alpha$ найдем по табл. 9.3 [20]. Полученные данные подставим в формулу (2), результаты сведем в табл. 5. Контрольные точки выберем согласно рис. 4.

Коэффициент $\mu = \frac{1}{1 - \rho_{\text{ср}}}$, где $\rho_{\text{ср}}$ – средневзвешенный коэффициент площади.

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{пот}} S_{\text{пот}} + \rho_{\text{ст}} S_{\text{ст}} + \rho_{\text{п}} S_{\text{п}}}{S_{\text{пот}} + S_{\text{ст}} + S_{\text{п}}} = \frac{0,7 \cdot 576 + 0,5 \cdot 960 + 0,1 \cdot 576}{576 + 960 + 576} = 0,445;$$

$$\mu = \frac{1}{1 - 0,445} = 1,8.$$

где $S_{\text{пот}}$, $S_{\text{ст}}$, $S_{\text{п}}$ – площадь потолка, стен, пола.

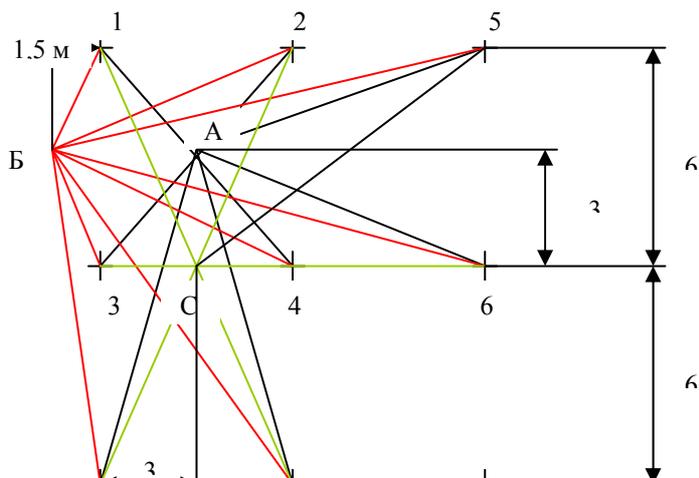


РИС. 4

Для точки С с наилучшей освещенностью по формуле (1)

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5}{1,8 \cdot 15,95} = 15\ 674 \text{ лм,}$$

ДРЛ400 ИМЕЕТ СВЕТОВОЙ ПОТОК 19 000 ЛМ, – НА 17,5 % БОЛЬШЕ НАЙДЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ, ЧТО ДОПУСТИМО.

Для точки Б с наихудшей освещенностью

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5}{1,8 \cdot 11,7} = 21\ 368 \text{ лм,}$$

ДРЛ400 ИМЕЕТ СВЕТОВОЙ ПОТОК 19 000 ЛМ, – НА 12 % МЕНЬШЕ НАЙДЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ, ЧТО ДОПУСТИМО. ОКОНЧАТЕЛЬНО ПРИНИМАЕМ ЛАМПУ ДРЛ400.

3.6 Выбор напряжения и схемы питания осветительных установок

Принимаем простейшую схему питания осветительной установки, состоящую из понижающего трансформатора, щита подстанции, силового распределительного пункта, осветительного магистрального щитка и линий групповой сети (рис. 6).

3.7 Выбор типов групповых щитков и их расположения

Для питания групповых сетей выбираем щиток типа ПР11-3059 со степенью защиты IP54 с шестью автоматами типа АЕ2046М без вводного выключателя.

Щитки располагаем по торцевым сторонам помещения.

Распределение ламп по группам осуществляется согласно плану (рис. 7).

3.8 Выбор марки проводов и способа их прокладки

Для питания магистрального и групповых щитков выбираем четырехжильный кабель марки АВВГ. Линия от подстанции до магистрального щитка проложена в земле, от магистрального щитка до групповых – в коробах. Непосредственно линии групповой сети выполним проводом АПВ – алюминиевым с поливинилхлоридной изоляцией. Способ прокладки групповых линий – тросовый.

3.9 Расчет сечения проводов для осветительных сетей

С достаточной для практики точностью можно пользоваться значениями располагаемых потерь напряжения в сети приведенных в табл. 12-6 [9].

Условимся, что наша сеть запитана от трансформатора мощностью $S = 1000$ кВА, тогда по вышеназванной таблице для $\cos\varphi = 0,9$, коэффициент загрузки трансформатора – 0,9, допустимая потеря напряжения в осветительной сети, при напряжении у удаленных ламп $U_{\min} = 97,5$ % номинального, составит $\Delta U = 4,3$ %.

По условию длина линии от трансформатора до магистрального щитка $l_1 = 50$ м, по плану длина линий от магистрального до групповых $l_{2(3)} = 28$ м.

Сечение каждого участка сети определяется по ΔU , располагаемой от начала данного участка до конца сети, и приведенному моменту $M_{\text{п}}$, определяемому по формуле:

$$M_{\text{п}} = \sum M + \alpha \sum m,$$

По табл. 12-11 [2] для этого значения момента выбираем сечение жилы кабеля $S_1 = 4 \text{ мм}^2$, при этом сечении и $M_1 = 240 \text{ кВт м}$ по той же таблице определяем $\Delta U = 1,4 \%$.

Для ветвей $l_{2(3)}$ $M_{\text{п}} = 67,2 + 1,85 \cdot 96 = 244,8 \text{ кВт м}$ и располагаемая $\Delta U = 4,3 - 1,4 = 2,9 \%$, находим $S_{2(3)} = 2,5 \text{ мм}^2$, для $M_{2(3)} = 67,2 \text{ кВт м}$ определяем $\Delta U = 0,8 \%$.

На каждую из линий групповой сети остается $\Delta U = 2,9 - 0,8 = 2,1 \%$.

Предварительно примем, что сечение фазного провода равно нулевому, тогда

$$\Delta U = \frac{2M_A - 0,5(M_B + M_C)}{2CS_A} = \frac{2 \cdot 16 - 0,5 \cdot (16 + 16)}{2 \cdot 7,4S_A} = 2,1 \% \Rightarrow \\ \Rightarrow S_A = 0,51 \text{ мм}^2,$$

где M_A – момент нагрузки для любой данной фазы; M_B, M_C – моменты нагрузки двух других фаз; S_A – сечение провода данной фазы; C – коэффициент для двухпроводных линий (табл. 12-9 [9]).

Из условия необходимой механической прочности сети (табл. 2.1.1 [8] для незащищенных изолированных проводов проложенных внутри помещения на тросах) принимаем сечение фазных проводов групповой сети $S = 2,5 \text{ мм}^2$.

Проверим данное сечение (наиболее загруженной фазы) по допустимому нагреву, при этом должно соблюдаться условие

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{р}},$$

где $I_{\text{н}} = 24$ – длительно допустимый ток (табл. 1.3.5 [8]), А; $I_{\text{р}}$ – рабочий ток участка, А

$$I_{\text{р}} = \frac{P}{U_{\text{ф}} \cos \varphi} = \frac{400}{220 \cdot 0,9} = 2,02 \text{ А},$$

24 А > 2 А, УСЛОВИЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ.

Кабели участков $l_1, l_{2(3)}$ соответствуют условию механической прочности (по табл. 2.1.1 [8] для кабелей с алюминиевыми жилами в коробах) $S_{\text{мин}} = 2 \text{ мм}^2$. Проверим сечение наиболее загруженной фазы этих кабелей по нагреву (суммарную мощность ламп определим подсчетом их количества по плану).

Для участков $l_{2(3)}$

$$I_{\text{р}} = \frac{2 \cdot 400}{220 \cdot 0,9} = 4,04 \text{ А},$$

$I_{\text{н}} = 23 \cdot 0,92 \cdot 0,67 = 14,18$ (по табл. 1.3.7 [8] с учетом коэффициент 0,92 и снижающего коэффициента по табл. 1.3.12 [8]), $14,79 \text{ А} > 8,1 \text{ А}$, условие выполняется.

Для участка l_1 :

$$I_{\text{р}} = \frac{4 \cdot 400}{220 \cdot 0,9} = 8,08 \text{ А},$$

$I_{\text{н}} = 27 \cdot 0,92 = 24,84 \text{ А}$ (по табл. 1.3.7 [8]), $24,84 \text{ А} > 8,08 \text{ А}$, условие выполняется.

Окончательно выбираем для линии от подстанции до магистрального щитка кабель АПВ $3 \times 4 + 1 \times 2,5$, от магистрального щитка до групповых – АПВ $4 \times 2,5$. Для линий групповой сети выбираем проводом АВВГ $4 \times 2,5$ (рис. 6).

3.10 Выбор аппаратов защиты осветительных сетей

Произведем расчет токов короткого замыкания в точках К1, К2 и К3 согласно рис. 5.

3.10.1 Определим сопротивления элементов схемы

а) Сопротивление трансформатора определяется по табл. 1 [21].

Для трансформатора мощностью 1000 кВА индуктивное сопротивление $x_{\text{т}} = 8,6 \text{ мОм}$, активное сопротивление $r_{\text{т}} = 2 \text{ мОм}$.

б) Сопротивление питающей системы определяется по условию

$$x_c = 0,1x_T = 0,1x \cdot 8,6 = 0,86 \text{ мОм.}$$

в) Сопротивление кабелей определяется по формуле:

$$x = x_{уд}l, \quad r = r_{уд}l,$$

где $x_{уд}$, $r_{уд}$ – соответственно, удельное индуктивное и активное сопротивление кабеля (по табл. 2 [23]), принимается:

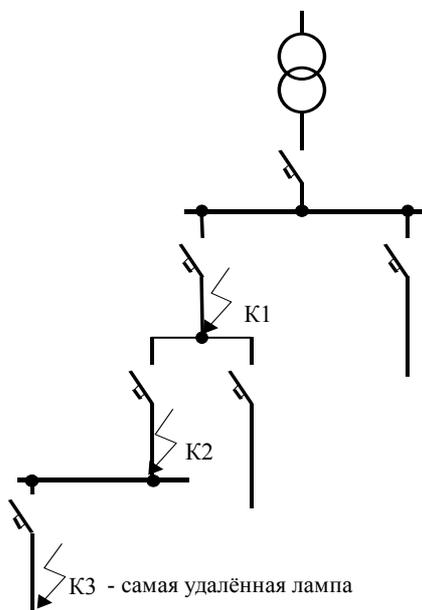


Рис. 4

для кабеля с жилами $3 \times 4 + 1 \times 2,5$: $x_{уд} = 0,1 \text{ мОм/м}$, $r_{уд} = 8,3 \text{ мОм/м}$, длина кабеля $l_1 = 50 \text{ м}$.
Сопротивление:

$$x_{K1} = 0,1 \cdot 50 = 5 \text{ мОм}, \quad r_{K1} = 8,3 \cdot 50 = 415 \text{ мОм.}$$

для кабеля с жилами $4 \times 2,5$: $x_{уд} = 0,1 \text{ мОм/м}$, $r_{уд} = 13,2 \text{ мОм/м}$, длина кабеля $l_2 = 28 \text{ м}$.
Сопротивление:

$$x_{K2} = 0,1 \cdot 28 = 2,8 \text{ мОм}, \quad r_{K2} = 13,2 \cdot 28 = 369,6 \text{ мОм.}$$

3.10.2 Расчет максимального тока к.з.

Максимальный ток к.з. без учета переходного сопротивления:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{ср.н}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(x_c + x_T + x_{K_i})^2 + (r_T + r_{K_i})^2}},$$

где $U_{ср.н}$ – среднее номинальное линейное напряжение сети низкого напряжения, $U_{ср.н} = 400 \text{ В}$.

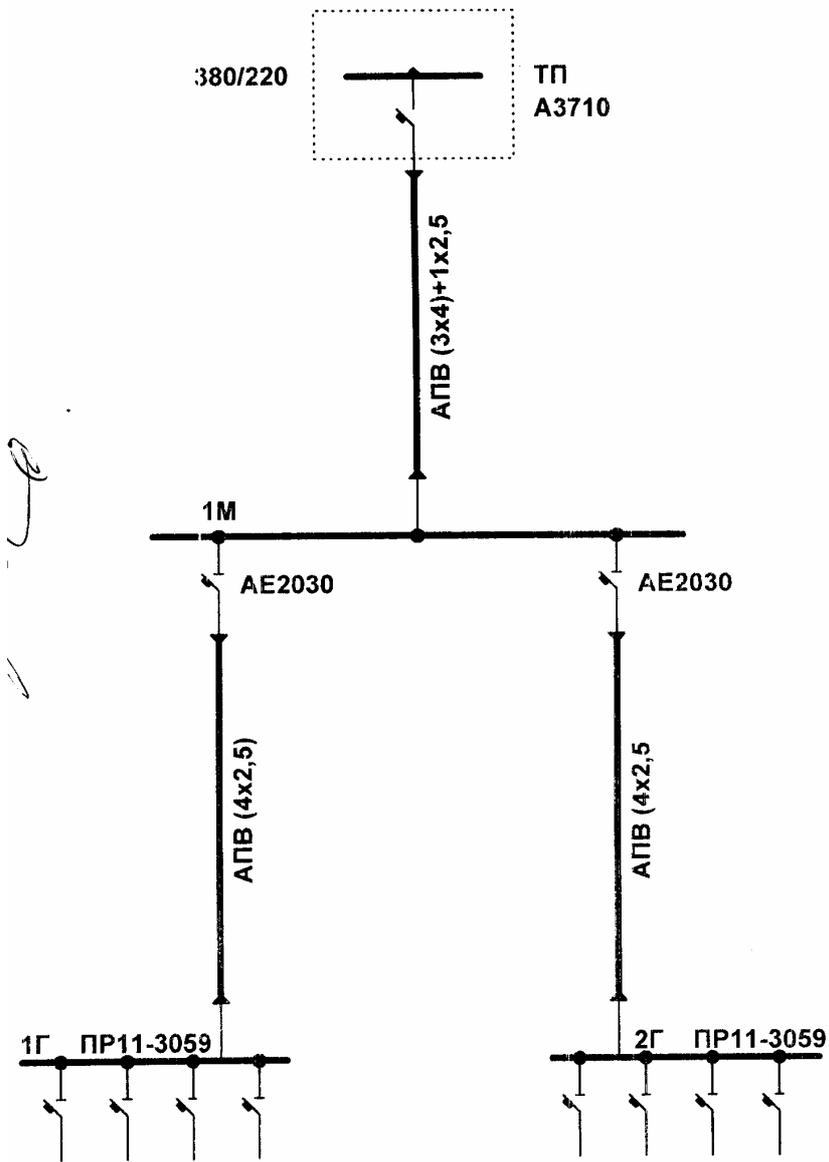


РИС. 5 СХЕМА ПИТАНИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ

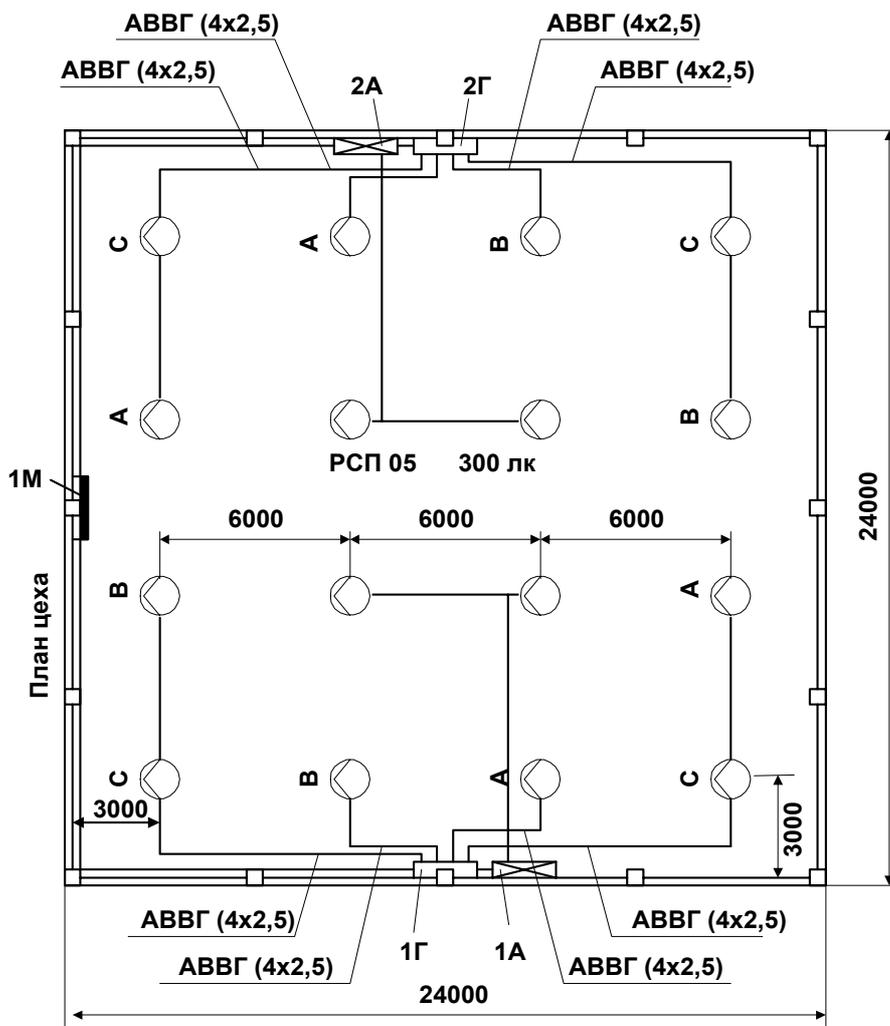


РИС. 6 ПЛАН РАЗМЕЩЕНИЯ РМЦ

Для точки К2:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,86 + 8,6 + 5)^2 + (2 + 415)^2}} = 0,56 \text{ кА.}$$

Для точки К2:

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,86 + 8,6 + 5 + 2,8)^2 + (2 + 415 + 369,6)^2}} = 0,3 \text{ кА.}$$

Расчет тока трехфазного и двухфазного к.з. с учетом переходных сопротивлений. Расчет ведется по условию:

$$I_{KR}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.н}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(x_c + x_T + x_{K_i})^2 + (r_T + r_K + R_{\text{пер}})^2}};$$

$$I_{KR_i}^{(2)} = 0,867 \cdot I_{KR}^{(3)},$$

где $R_{пер}$ – переходное сопротивление, совокупно учитывающее сопротивление электрической дуги в месте к.з. сопротивление расцепителей автоматических выключателей, болтовых контактных соединений. Рекомендуется принимать равным 15 мОм.

Для точки K1:

$$I_{KR1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,86 + 8,6 + 5)^2 + (2 + 415 + 15)^2}} = 0,54 \text{ кА};$$

$$I_{KR1}^{(2)} = 0,867 \cdot 0,54 = 0,47 \text{ кА}$$

Для точки K2:

$$I_{KR2}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,86 + 8,6 + 5 + 2,8)^2 + (2 + 415 + 369,6 + 15)^2}} = 0,29 \text{ кА};$$

$$I_{KR2}^{(2)} = 0,867 \cdot 0,29 = 0,25 \text{ кА}.$$

Расчет тока однофазного к.з. с учетом переходного сопротивления.

Ток однофазного к.з. через переходное сопротивление с учетом мощности энергосистемы рассчитывается по формуле:

$$I_{KR}^{(1)} = \frac{U_{\Phi}}{(Z^{(1)}\Sigma/3 + z_{пт})},$$

где Z_{Σ} – условная величина численно равная геометрической сумме полных сопротивлений току однофазного к.з.; $Z_{пт}$ – полное сопротивление петли фаза-нуль линии до наиболее удаленной точки сети (табл. 7 [21]).

Значение $Z^{(1)}\Sigma/3$ для трансформатора мощностью 1000 кВА со схемой соединения ΔY_0 и сопротивлением системы $x_c = 0,1$ x_T составляет 19,32 мОм.

Полное сопротивление петли фаза-нуль кабельной линии определяется по формуле:

$$Z_{пт} = Z_{пт, уд} l,$$

где $Z_{пт, уд}$ – удельное сопротивление петли фаза-нуль.

Для кабеля с жилами $3 \times 4 + 1 \times 2,5$, длиной $l_1 = 50$ м: $Z_{пт, уд} = 17,79$ мОм/м.

Сопротивление:

$$Z_{пт1} = 17,79 \cdot 50 = 889,5 \text{ мОм};$$

Для кабеля с жилами $4 \times 2,5$, длиной $l_{2(3)} = 28$ м: $Z_{пт, уд} = 29,64$ мОм/м.

Сопротивление:

$$Z_{пт2} = 29,64 \cdot 28 = 830 \text{ мОм};$$

Для провода $4 \times 2,5$, длиной $l = 26$ м: $Z_{пт, уд} = 29,64$ мОм/м.

Сопротивление:

$$Z_{\text{пгз}} = 29,64 \cdot 26 = 770,64 \text{ мОм.};$$

Для точки К1:

$$I_{\text{KR1}}^{(1)} = \frac{230}{(19,32 + 889,5)} = 0,25 \text{ кА.}$$

Для точки К2:

$$I_{\text{KR2}}^{(1)} = \frac{230}{(19,32 + (889,5 + 830))} = 0,13 \text{ кА.}$$

Для точки К3:

$$I_{\text{KR3}}^{(1)} = \frac{230}{(19,32 + (889,5 + 830 + 770,64))} = 0,09 \text{ кА.}$$

3.10.3 Произведем выбор аппаратов защиты

Для групповых линий выбираем автомат АЕ2030 с электромагнитным расцепителем на номинальный ток $I_n = 25 \text{ А}$, номинальный ток расцепителя выбираем из условия $I_{н.р.} > I_p$, выбираем $I_{н.р.} = 3,2 \text{ А}$, $3,2 \text{ А} > 2 \text{ А}$.

Ток срабатывания отсечки $I_{с.о} = 8$, $I_{н.р.} = 3,2 \cdot 8 = 25,6 \text{ А}$.

Проверим чувствительность срабатывания отсечки данного автомата.

Коэффициент чувствительности срабатывания отсечки при к.з. проверяется по условию:

$$K_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{KR}}^{(2)}}{I_{с.о}} \geq 1,25 - 1,4;$$

$$K_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{\text{KR}}^{(1)}}{I_{с.о}} \geq 1,25 - 1,4.$$

Проверка коэффициента чувствительности.

$$K_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{90}{25,6} = 3,5 > 1,25 - 1,4, \text{ чувствительность защиты достаточна.}$$

Для защиты линий идущих от магистральных щитков выбираем селективный автомат АЕ2040 $I_n = 63 \text{ А}$, $I_{н.р.}/I_n = 1,13$, $I_{с.о}/I_{н.р} = 1,1$, $I_{с.о} = 63 \cdot 1,1 \cdot 1,13 = 78,3 \text{ А}$.

Проверим коэффициент чувствительности.

$$K_{\text{ч}2}^{(2)} = \frac{250}{78,3} = 3,2 > 1,4, \text{ чувствительность защиты достаточна.}$$

$$K_{\text{ч}2}^{(1)} = \frac{130}{78,3} = 1,7 > 1,4, \text{ чувствительность защиты достаточна.}$$

Для защиты линии отходящей от подстанции выбираем селективный автомат А3710 $I_n = 160$ А, $I_{н.р} = 160$ А, $I_{раб} = 8,08$ А, $I_{с.о}/I_{раб} = 3,5$, $I_{с.о} = 8,08 \cdot 3,5 = 28,28$ А.

Проверим коэффициент чувствительности.

$$K_{ч1}^{(2)} = \frac{470}{28,28} = 16,6 > 1,4, \text{ чувствительность защиты достаточна.}$$

$$K_{ч1}^{(1)} = \frac{250}{28,28} = 8,8 > 1,4, \text{ чувствительность защиты достаточна.}$$

список литературы

- 1 Жилинский Ю. М., Свентицкий И. И. Электрическое освещение и облучение в с.-х. производстве. М.: Колос, 1968.
- 2 Мешков В. В., Епанешников М. М. Осветительные установки. М.: Энергия, 1972.
- 3 Епанешников М. М. Электрическое освещение. М.: Энергия, 1973.
- 4 Рубцов П. А., Осетров П. А., Бондаренко С. П. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1971.
- 5 Мешков В. В., Соколов И. И. Курс осветительной техники. М.: Госэнергоиздат, 1953.
- 6 Применение электрической энергии в с.-х. производстве. Справочник / Под ред. П. П. Листова. М.: Колос, 1974.
- 7 Райцельский Л. А. Справочник по осветительным сетям. М.: Энергия, 1966.
- 8 Правила устройства электроустановок. М.: Энергия, 1986.
- 9 Кнорринг Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения. М.: Энергия, 1976.
- 10 Электротехнический справочник. Т. 1. М.: Энергия, 1972.
- 11 Указания по проектированию уличного освещения СН-278-64.
- 12 Изаков Ф. Я. Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1972.
- 13 Кнорринг Г. М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. М.: Энергия, 1973.
- 14 Рябов М. С., Циперман Л. А. Электрическая часть осветительных установок. М.: Энергия, 1966.
- 15 ГОСТ 2.754-72. Обозначения условные графические электрического оборудования и проводок на планах.
- 16 Зенков В. Г. Уровни освещенности в животноводческих помещениях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1974, № 4.
- 17 Прищеп Л. Г. Учебник сельского электрика. М.: Колос, 1973.
- 18 Кожухаров В. Н., Никльберг Д. М. Монтаж освещения и осветительных сетей. М.: Энергии, 1977.
- 19 Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Циперман Л. А. Устройство, монтаж и эксплуатация осветительных установок. М.: Энергия, 1976.
- 20 Ключев С. А. Осветительные сети производственных помещений. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. (Бка электромонтера. Вып. 56).
- 21 СНиП Ш-33-76. Строительные нормы и правила. М.: Стройиздат, 1977.
- 22 Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1983.
- 23 Беляев А. В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 Кв. М.: Энергоатомиздат, 1988.