

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна
Должность: Проректор по УР и НО
Дата подписания: 29.09.2023 13:23:52
Уникальный программный ключ:
bb52f9594



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор Авиацнонно-
технологического колледжа

В.А.Зибров

«__» _____ 2022 г.

Методические рекомендации

по выполнению практических работ

по дисциплине МДК.01.02 Электроснабжение

образовательной программы среднего профессионального образования
по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание
электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Ростов-на-Дону
2022г.

Разработчик:

Преподаватель Авиационного колледжа ДГТУ _____ Раковец В.В.

«__» _____ 2022г.

Методические рекомендации по выполнению практических работ рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»

Протокол № 1 от «31» августа 2022г.

Председатель цикловой комиссии _____ Захаренко Н.И..

«__» _____ 2022г.

Методические рекомендации по выполнению практических работ предназначены для обучающихся специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Одобрены на заседании педагогического совета Авиационно-технологического колледжа, протокол № 1 от 31.08.2022 г.

Председатель педагогического совета _____ В.А.Зибров

Методические указания для выполнения практических работ являются частью основной профессиональной образовательной программы по специальности СПО 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)» в соответствии с требованиями ФГОС СПО.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы обучающимся очной формы обучения.

Методические указания включают в себя: учебную цель, перечень образовательных результатов, заявленных во ФГОС СПО, задачи, обеспеченность занятия, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, вопросы для закрепления теоретического материала, задания для практической работы обучающихся.

СОДЕРЖАНИЕ

Выбор сечения проводов и кабелей по допустимой токовой нагрузке

Выбор сечения проводов по допустимой потере напряжения

Выбор схемы и способа выполнения силовой сети цеха

Расчет электрических нагрузок цеха

Расчет освещения цеха

Расчет и выбор аппаратов защиты электроприемников цеха

Расчет и выбор мощности компенсирующего устройства

Ознакомление с оборудованием и режимом работы подстанции

Определение местоположения цеховой подстанции

Расчет и выбор силового трансформатора

Расчет токов короткого замыкания

Расчет контура заземления

Расчет и выбор элементов релейной защиты цехового трансформатора

Расчет молниезащиты

Введение

Методические указания по дисциплине МДК.01.02 «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ» для выполнения практических работ созданы для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, внимательно прочитайте цель и задачи занятия, ознакомьтесь с требованиями к уровню подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответьте на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе должны выполняться в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты в соответствии с приведенной методикой.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения зачета по дисциплине, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема №2 «Внутреннее электроснабжение объектов»

«Выбор сечения проводов и кабелей по допустимой токовой нагрузке»

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по выбору сечений проводов;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать и выбирать сечение проводов по допустимой длительной токовой нагрузке.

знать:

- условия выбора сечений проводов по допустимой длительной токовой нагрузке.

Задачи практической работы:

1. Изучить методику расчета и условия выбора сечений проводов по допустимой длительной токовой нагрузке.
2. Выполнить по примеру расчета задание 1, задание 2.
3. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

Для расчета сечения проводов питающей линии необходимо знать расчетную электрическую мощность. Нагрузка на провода должна быть рассчитана

достаточно точно, так как завышенная нагрузка приведет к выбору проводов большего сечения, а заниженная - меньшего сечения, что в целом экономически невыгодно, так как возникнут лишние потери электроэнергии и напряжения в проводах. При определении сечения проводов пользуются понятиями:

- номинальная мощность P_n - мощность указанная в паспорте токоприемника, Вт.

- установленная мощность P_y - сумма номинальных мощностей всех установленных токоприемников, Вт.

- потребляемая мощность P_{Π} - мощность, фактически расходуемая токоприемниками, Вт.

- расчетная мощность P_p - мощность, по которой производят расчет, т.е. мощность одного или группы токоприемников, учитываемая при расчете.

Указанным мощностям соответствуют токи: I_n, I_y, I_{Π}, I_p .

Суммируя номинальные мощности подключенных токоприемников определяют установленную мощность P_y . Она всегда больше расчетной мощности P_p , потому что все токоприемники электроустановки почти никогда не работают одновременно. Поэтому при расчете исходят не из установленной мощности, а из той ее части, которая может одновременно использоваться токоприемниками, т.е. P_p . Для получения расчетной мощности вводят коэффициент спроса K_c .

K_c - это величина, которая показывает, какая часть установленной мощности фактически расходуется:

$$K_c = P_p / P_y \text{ или } K_c = I_p / I_y,$$

откуда $P_p = K_c \cdot P_y$ или $I_p = K_c \cdot I_y$.

K_c - для различных электроустановок различен и его определяют опытным путем (таблица 1).

Для расчета сечения провода по допустимой длительной токовой нагрузке необходимо знать номинальный ток I_n , который должен проходить по электропроводке (таблица 2).

Если номинальный ток неизвестен, то его определяют по формуле, которая справедлива для цепей постоянного и однофазного переменного тока осветительными и нагревательными приборами: $I_n = P_p / U_n$.

Расчетная мощность: $P_p = K_c \cdot P_y$.

Расчетный ток: $I_p = K_c \cdot P_y / U = P_p / U$.

Если имеем трехфазную цепь переменного тока, то расчетный ток для трехпроводной линии: $I_p = K_c \cdot P_y / \sqrt{3} \cdot U = P_p / 1,73U$.

Пример расчета:

Определить сечение и марку провода для монтажа электропроводки мастерской, питание которой осуществляется от распределительного щитка. В мастерской необходимо установить светильники с лампами накаливания: 14 штук по 150 Вт, 4 штуки по 60 Вт, 8 штук по 15 Вт и металлорежущий станок мощностью 2 кВт. Напряжение сети 220 В.

Последовательность выполнения расчета:

1. Определяем установленную электрическую мощность мастерской:

$$P_y = P_{1н} + P_{2н} + P_{3н} + P_{4н} = 150 \cdot 14 + 60 \cdot 4 + 15 \cdot 8 + 2000 = 4460 \text{ Вт}$$

2. Находим коэффициент спроса по таблице 1.

$K_c = 0,85$ т.к. мастерская относится к группе средних производственных объектов.

3. Вычисляем расчетную мощность:

$$P_p = K_c \cdot P_y = 0,85 \cdot 4460 = 3568 \text{ Вт}$$

4. Находим номинальный ток I_n , который в данном случае равен расчетному I_p при напряжении сети $U = 220 \text{ В}$.

$$I_n = P_p / U = 3568 / 220 = 16,22 \text{ А}$$

5. По таблице 2 определяем сечение жил проводов, которые соответствуют току 16,22 А:

а). сечение медных жил - 1 мм²

б). сечение алюминиевых жил - 2,5 мм².

Выбираем марку провода (таблица 3):

А). Для открытой проводки можно использовать провода марок ППВ-2х1,5; АППВ-2х2,5.

Б). Для прокладки в одной трубе- ПВ-2х1,5; АПВ-2х2,5; ПРТО- 2х1,5; АПРТО- 2х2,5.

В). для скрытой проводки- ППВС-2х1,5; АППВС-2х2,5.

Задание 1:

Рассчитать сечение и выбрать марки проводов для монтажа электропроводки в лаборатории, если лаборатория имеет 20 рабочих мест с установленными щитками. Электрическая мощность, которую можно подключить к одному щитку 2,5 кВт. Напряжение сети 380 В.

Задание 2:

От установленного щитка магистраль питает группу прожекторов. Всего для освещения установлено десять передвижных прожекторных стоек на каждой из которых находится два прожектора с лампами накаливания мощностью 1000 Вт. Определить наибольшую токовую нагрузку магистральной линии, выполненную проводами ПР, и сечение жил при различных вариантах выполнения электрической сети напряжением 220 В:

А). При двухпроводной линии,

Б). При трехпроводной линии трехфазного тока.

Таблица 1 - Коэффициенты спроса для некоторых потребителей электроэнергии

Наименование помещений и зданий, в которых прокладываются провода и кабели	Величина коэффициента спроса
Жилые дома, мелкие мастерские, наружно	1,0
Административные здания	0,9

Учебные заведения	0,8
Большие производственные объекты	0,95
Средние производственные объекты	0,85
Подстанции	0,6
Склады, подвалы	0,6

Таблица 2- Длительно допустимые токовые нагрузки, А, на провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией

Сечение проводов, мм ²	Провода проложенные открыто		Провода проложенные в одной трубе			
	медные	алюминиевые	Два провода		Три провода	
			медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	-	14	-	13	-
1,5	23	-	17	-	15	-
2,5	30	24	24	18	22	17
4	41	32	34	25	31	25
6	50	39	41	32	37	28
10	80	55	60	45	55	42
16	100	80	75	55	70	55
25	140	105	100	75	90	70
35	170	130	120	90	110	85
50	215	165	165	125	150	115

Таблица 3- Данные установочных проводов

Марка	Конструкция провода	Сечение, мм ²	Кол-во жил	Напряжение, В
-------	---------------------	--------------------------	------------	---------------

ПР	Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из пропитанной хлопчатобумажной ткани	0,75-120	1	660
АПР	То же, но токопроводящая жила алюминиевая	2,5- 400	1	660
ПРГ	То же , но токопроводящая жила состоит из многих скрученных вместе проволок	0,75- 400	1	660
ПВ	Провод с медной жилой, изолированной поливинилхлоридной изоляцией	0,5- 120	1	660
АПВ	То же, но с алюминиевой жилой	2,5- 120	1	660
ППВ	Провод плоский с 2 или 3 медными жилами, изолированными поливинилхлоридной изоляцией	0,75-4	2-3	660
ГШВС	Провод плоский, изолированный поливинилхлоридной изоляцией, с разъединительной пленкой для скрытой прокладки	0,75- 2,5	2-3	660
АШВС	То же , но с алюминиевыми жилами	2,5-6	2-3	660
АШВ	То же, но с разъединительной пленкой	2,5-6	2-3	660
ПРТО	Провод с медными жилами, резиновой изоляцией в общей хлопчатобумажной оплетке для прокладки в трубах	1-120	1-37	660

АПРТО	То же, но с алюминиевыми жилами	2,5- 400	1-4	660
-------	---------------------------------	----------	-----	-----

Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить по предложенной методике задание.
2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема №3 «Внутреннее электроснабжение объектов»

«Выбор сечений проводов по допустимой потере напряжения».

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету и выбору сечений проводов по допустимой потере напряжения;
- приобрести практические навыки пользования справочной методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать и выбирать сечение проводов по допустимой потере напряжения.

знать:

- последовательность выполнения расчета и условия выбора сечения проводов по допустимой потере напряжения.

Задачи практической работы:

1. Изучить последовательность выполнения расчета и выбора сечений проводов по допустимой потере напряжения.
2. Выполнить по примеру расчета задание.
3. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы
Сечение проводов и кабелей по допустимой потере напряжения

определяют главным образом для осветительных сетей. Сечение проводов по допустимой потере напряжения определяют, если линия сравнительно длинная и имеет нормальную нагрузку. После этого сечение проводов проверяют на соответствие условиям нагрева, а для воздушной линии — на механическую прочность. Известно, что чем дальше токоприемник расположен от источника питания, тем большими становятся потери напряжения в проводах вследствие возрастания их сопротивления. Потеря напряжения в проводах отрицательно сказывается на работе токоприемника, поэтому при расчете сечения проводов электрической сети по потере напряжения необходимо исходить из того, чтобы отклонения напряжения для присоединенных к этой сети токоприемников не выходили за пределы допустимого. Правила устройства электроустановок допускают следующие пределы отклонения напряжения на зажимах электроприемников:

- для ламп освещения жилых зданий, аварийного и наружного выполненного светильниками, 5% ;

- для ламп рабочего освещения промышленных предприятий общественных зданий, а также прожекторных установок наружного освещения +5 - 2,5 % ;

- для электродвигателей 5 %.

Сечение проводов и кабелей с одинаковым сечением по всей длине рассчитывают по следующим формулам.

1. Для трехфазной сети с сосредоточенной нагрузкой в конце линии, мм²:

$$S = P_p \cdot L \cdot 10^5 / (\sigma \cdot U^2 \cdot \Delta U \%),$$

где P_p - расчетная нагрузка, кВт.

U - линейное напряжение, В;

$\Delta U \%$ - допустимая потеря напряжения сети, % ;

L - общая длина линии.

2. Для трехфазной сети с несколькими нагрузками и одинаковым сечением проводов:

$$S = (P_1 L_1 + P_2 L_2 + \dots) \cdot 10^5 / (\sigma \cdot U^2 \cdot \Delta U \%),$$

где L_1, L_2, \dots - длины отдельных участков линии, м;

P_1, P_2 - нагрузки отдельных участков линии, кВт;

σ - удельная проводимость, м/(Ом·мм²);

в расчетах принимается для алюминия 32 м/(Ом·мм²); для меди 57 м/(Ом·мм²).

В приведенных расчетах линий переменного тока сделано допущение, что провод линии обладает только активным сопротивлением. Для алюминиевых и медных проводов с учетом активного и индуктивного сопротивлений сечение провода, мм² :

$$S = P_p \cdot L \cdot 10^5 / \sigma \cdot \Delta U_a \cdot U^2,$$

где $\Delta U_a = \Delta U - \Delta U_p$ - потеря напряжения в активном сопротивлении, % ;

$\Delta U_p = Q \cdot x_0 L \cdot 10^5 / U^2$ - потеря напряжения в реактивном сопротивлении, % ;

$Q = S \cdot \sin \varphi$ - реактивная мощность, квар;

S - полная нагрузка, кВ·А;

L - длина линии, км;

x_0 - индуктивное сопротивление проводов, Ом/км.

Для осветительных сетей сечение, мм², проводов по допустимой потере напряжения: $S = P_p \cdot L / (c \cdot \Delta U)$ - для сети с сосредоточенной нагрузкой в конце линии;

$S = (P_1 L_1 + P_2 L_2 + \dots) / (c \cdot \Delta U)$ - для сети с несколькими нагрузками одинаковым сечением проводов,

где c - коэффициент, зависящий от напряжения и удельного сопротивления (таблица) ;

P - расчетная нагрузка, кВт.

Таблица - Значение коэффициента c

Номинальное напряжение сети, В	Система сети и род тока	Коэффициент c
--------------------------------	-------------------------	-----------------

		Для медных проводов	Для алюминиевых проводов
380/220	Трехфазная с нулевым проводом	77	46
380/220	Двухфазная с нулевым проводом.	34	20
220	Двухпроводная переменная или постоянного тока	12,8	7,7
220/127	Трехфазная с нулевым проводом	25,6	15,5
220/127	Двухфазная с нулевым проводом	11,4	6,9
127	Двухпроводная переменного или постоянного тока	4,3	2,6
120	Двухпроводная переменного или постоянного тока	3,8	2,3
110	То же	3,2	1,9
42	»	0,34	0,21
24	»	0,153	0,092
12	»	0,038	0,023

Пример расчета:

Рассчитать сечение алюминиевых проводов для магистрали с нагрузкой 16 кВт длиной 200 м от трансформаторной подстанции с номинальным вторичным напряжением 380/220В до цеха, если допустимая потеря

напряжения магистрали составляет 5 %.

Последовательность выполнения расчета:

1. Допустимая потеря напряжения, В:

$$\Delta U = U \cdot 5\% / 100 = 380 \cdot 5 / 100 = 19 \text{ В}$$

2. Расчетная нагрузка. В данном случае она равна номинальной мощности магистрали:

$$P_p = P_n = 16 \text{ кВт}, \text{ или } 16000 \text{ Вт.}$$

3. Сечение провода:

$$S = P_p \cdot L \cdot 1000 / (\sigma \cdot \Delta U \cdot U) = 16 \cdot 200 \cdot 1000 / (32 \cdot 19 \cdot 380) = 14 \text{ мм}^2$$

4. Примем ближайшее стандартное сечение алюминиевого провода:

$$S = 16 \text{ мм}^2.$$

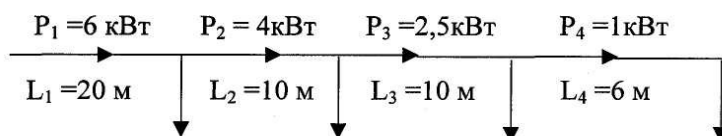
5. Сечение нулевого провода магистрали принимаем также равным 16 мм², как и наименьшее сечение провода, допускаемое по условиям механической прочности алюминиевых проводов воздушных линий.

Задание 1

Определить сечение алюминиевых проводов магистральной линии трехфазного тока напряжением 380/220В, которая питает групповой осветительный щиток с расчетной нагрузкой 20 кВт. Длина линии 100м и потеря напряжения в проводах составляет 1,5%.

Задание 2

Определить сечение проводов в осветительной двухпроводной линии переменного тока, расчетная схема которой изображена на рисунке номинальным напряжением 220В. Линия выполнена алюминиевыми проводами. Допустимые потери напряжения в линии 2,5%.



Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить задание.

2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема №2 «Внутреннее электроснабжение объектов»

«Выбор схемы и способа выполнения силовой сети цеха».

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме схемы электроснабжения цеховых сетей;

- приобрести практические навыки по определению схемы электроснабжения электроприемников цеха и способа выполнения силовой сети.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- равномерно распределять электрическую нагрузку на шинопроводы.

знать:

- виды схем электроснабжения цеховых электрических сетей.

Задачи практической работы:

1. Изучить последовательность распределения электрических нагрузок цеха по шинопроводам .
2. Оформить отчет по практической работе.

Пример выполнения:

1. Распределяем все электроприемники по шинопроводам, уравнивая нагрузку.
2. Составляем таблицы.

Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	Мощность электроприемника Р,кВт	Общая Мощность $\sum P$, кВт
ИТОГО			

Задание: Распределить нагрузку цеха в соответствии с индивидуальным заданием (Приложение).

Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить задание.
2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема №2 «Внутреннее электроснабжение объектов»

«Расчет электрических нагрузок цеха»

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету электрических нагрузок;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать электрические нагрузки.

знать:

- методику расчета

Задачи практической работы:

1. Изучить методику расчета.
2. Выполнить по примеру расчета задание.
3. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические по теме практической работы

Электрические нагрузки промышленных предприятий определяют выбор всех элементов систем электроснабжения. Линии электропередач районных трансформаторных подстанций питающих и распределительных сетей заводских трансформаторных подстанций и их распределительных

сетей.

Выбор элементов системы электроснабжения по номинальным данным приведёт к завышению мощности трансформатора. Правильное определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации электросетей.

1 для определения электрических нагрузок необходимо знать:

- Наименование и количество электроприемников в группе или узле.
- Установленную мощность, приведенную к ПВ (продолжительному включению =100% в кВт) одного электроприемника и общую для всех электроприемников каждой группы или узла $P_{ном}$ и $P_{ном}$.

- показатель силовой сборки m ;

- коэффициенты $\cos\varphi$ и $\operatorname{tg}\varphi$

- среднюю нагрузку за смену активную и реактивную ($P_{см}$, кВт и $Q_{см}$, кВт)

- эффективное число электроприемников $n_э$.

- коэффициент максимума K_{max} .

- максимальную мощность активную, реактивную, полную.

- максимальный ток.

2. Все электроприемники поделим на группы

I группа – металлообрабатывающие станки

II группа – кран-балки

III группа – кондиционер и т.д.

3. По каждой группе:

- общее количество электроприемников:

 - металлообрабатывающие станки $n=$ шт.

 - кран-балки $n=$ шт.

 - кондиционер $n=$ шт.

- общая установочная мощность $\Sigma P_{ном}$, кВт

- коэффициенты использования K_u , $\cos\varphi$, $\operatorname{tg}\varphi$

4. Средняя активная и реактивная мощность за наиболее загруженную смену:

$$P_{см} = \Sigma(K_u \cdot P_{ном}) = \Sigma P_{см.п} ,$$

где $P_{\text{см}}$ -среднесменная нагрузка, кВт

$P_{\text{ном}}$ - номинальная нагрузка, кВт

$K_{\text{и}}$ - коэффициент использования.

$$Q_{\text{см}} = \Sigma(P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi) = \Sigma P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{п}},$$

где $Q_{\text{см}}$ -реактивная мощность, кВар

$\text{tg}\varphi$ - значение коэффициента мощности

Показатель силовой сборки

$$m = P_{\text{ном.макс}} / P_{\text{ном.мин}} \quad -$$

5. Эффективное число электроприемников для каждой группы:

$$n_{\text{э}} = n_{\text{э}*} \cdot n,$$

где $n_{\text{э}*}$ - относительное эффективное число электроприемников.

$$n_{\text{э}*} = n_1 / n$$

$$P_{1*} = P_1 / \Sigma P_{\text{ном}}$$

По полученным значениям $n_{\text{э}*}$ и P_{1*} определяем $n_{\text{э}*}$ - относительное эффективное число электроприемников.

Коэффициент максимума для каждой группы.

6. По каждой группе максимальная активная, реактивная и полная мощности:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{см}} \cdot k_{\text{max}}$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{см}} \quad \text{при } n > 10$$

$$Q_{\text{max}} = 1,1 Q_{\text{см}} \quad \text{при } n > 10$$

$$S_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{max}}^2 + Q_{\text{max}}^2}$$

7. Максимальное значение токов для каждой группы

$$I_{\text{max}} = S_{\text{max}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}$$

Расчеты ведутся по каждой группе в соответствии с индивидуальным заданием

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема №2 «Внутреннее электроснабжение объект

«Расчет освещения цеха»

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету освещения;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать электрическое освещение.

знать:

- методику расчета освещения.

Задачи практической работы:

4. Изучить методику расчета освещения.
5. Выполнить по примеру расчета задание.
6. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические по теме практической работы

В соответствии со СНиП 2-4-79 для освещения производственных помещений, как правило, следует предусматривать газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Для расчета общего равномерного освещения по горизонтальной поверхности основным является метод светового потока

(коэффициента использования), учитывающий световой поток лампы при освещении дуговыми ртутными лампами.

Расчет по методу коэффициента использования ведется в следующем порядке:

1. Определяется требуемая нормами освещенность (табл.1). Выбор нормируемой освещенности осуществляется в зависимости от размера объекта различения, контраста объекта с фоном и коэффициента отражения рабочей поверхности.

2. Определяется группа и предварительное количество светильников при их наивыгоднейшем расположении. Наивыгоднейшее расстояние L между светильниками или рядами светильников выбирают исходя из отношения (L/d) для получения наименьшей неравномерности распределения освещенности, в зависимости от классификационных групп светильников (Приложение: табл.2).

3. Определяется индекс помещения.

4. Определяется коэффициент использования светового потока. Значение КПД светильника выбирается из табл.2.

5. Определяется необходимый световой поток каждого ряда светильников и световой поток одной лампы. По полученному значению выбирается стандартная лампа (Приложение: табл.3).

6. Определяется общая мощность освещения.

Задание:

1. Произвести светотехнический и электрический расчет освещения цеха.
2. Определить тип, мощность и количество ламп для общего освещения цеха.
3. Начертить план размещения светильников.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема №2 «Внутреннее электроснабжение объектов»

«Расчет и выбор аппаратов защиты».

- Цель занятия:** - закрепить теоретические знания по теме;
- приобрести практические навыки по расчету и выбору аппаратов защиты;
 - приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать и выбирать аппараты защиты.

знать:

- последовательность выполнения расчета и условия выбора аппаратов защиты.

Задачи практической работы:

1. Изучить последовательность выполнения расчета и выбора аппаратов защиты.
2. Выполнить по примеру расчета задание.
3. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

- I. Расчет силовой цепи с защитой плавкими предохранителями:
 1. Номинальный ток электроприёмника

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}$$

где, $P_{\text{НОМ}}$ - номинальная мощность двигателя электроприёмника, кВт.

2. Значение пускового тока

$$I_{\text{п}} = (4 \dots 7) \cdot I_{\text{НОМ}}$$

где, (4...7)-кратность пускового тока, в зависимости от характера пуска.

3. Расчётный ток плавкой вставки

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{п}}}{2,5}$$

4. Номинальный ток плавкой вставки

$$I_{\text{н.вст.}} \geq I_{\text{вст.}}$$

где, $\alpha = (1,6 \dots 2,5)$ -коэффициент пускового момента.

По [2, стр. 93, табл. 41] выбираем тип предохранителей

Последовательность выполнения расчета:

Например: Плоскошлифовальные станки

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{4,5}{1,73 \cdot 0,38} = 6,92 \text{ А}$$

$$I_{\text{п}} = 4 \cdot 6,92 = 27,68 \text{ А}$$

$$I_{\text{вст}} = \frac{27,68}{2,5} = 11,07 \text{ А}$$

Выбираем предохранитель ПР2-15 $I_{\text{НОМ}} = 15 \text{ А}$, $I_{\text{вст}} = 16 \text{ А}$.

$$16 \text{ А} > 11,07 \text{ А}$$

Далее для всех электроприемников цеха, мощность которых составляет до 3 кВт включительно.

II. Расчет силовой цепи с защитой автоматическими выключателями:

1. Номинальный ток электроприёмника

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}$$

где, $P_{\text{НОМ}}$ - номинальная мощность двигателя электроприёмника, кВт.

2. Значение пускового тока

$$I_{\text{П}} = (4 \dots 7) \cdot I_{\text{НОМ}}$$

где, (4...7)-кратность пускового тока, в зависимости от характера пуска.

3. Ток уставки теплового расцепителя

$$I_{\text{уст.т.}} = 1,15 \cdot I_{\text{НОМ}}$$

4. Ток уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{\text{уст.эл.}} = 1,25 \cdot I_{\text{П}}$$

По [9, стр. 184, табл. А.6] выбираем автоматический выключатель.

Последовательность выполнения расчета:

Например: Токарно-револьверные станки

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{8,5}{1,73 \cdot 0,38} = 13 \text{ А}$$

$$I_{\text{П}} = 4 \cdot 13 = 52 \text{ А}$$

$$I_{\text{уст.т.}} = 1,15 \cdot 13 = 14,95 \text{ А}$$

$$I_{\text{уст.эл.}} = 1,25 \cdot 52 = 65 \text{ А}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 51-25 $I_{\text{НОМ}}=25 \text{ А}$, $I_{\text{ср}}=70 \text{ А}$

Далее для всех электроприемников цеха.

Задание:

Рассчитать и выбрать предохранители и автоматические выключатели для защиты электрооборудования в цехе с учетом индивидуального задания.

Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить по предложенной последовательности выполнения задание.
2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема №2 «Внутреннее электроснабжение объектов»

« Расчет и выбор мощности компенсирующего устройства

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету и выбору конденсаторных установок;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать и выбирать конденсаторные установки для компенсации реактивной мощности.

знать:

- последовательность выполнения расчета и условия выбора компенсирующих устройств.

Задачи практической работы:

1. Изучить методику расчета и выбора компенсирующих устройств.
2. Выполнить по примеру расчета задание.
3. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

Электрическая энергия вырабатываемая на электростанциях и

потребляемая различными потребителями подразделяется на активную реактивную.

Активная энергия - обеспечивает полезную работу электроприемников.

Реактивная энергия - затрачивается на создание магнитных потоков в двигателях, трансформаторах и др. электрических устройств.

Реактивная энергия переходит от источника к потребителю, а затем обратно к источнику.

Увеличение реактивной мощности приводит к недостаточному использованию установленной мощности, возрастает ток, проходящий по проводам, что приводит к необходимости увеличить сечение проводов ЛЭП и расход металла на их изготовление.

Для компенсации реактивной мощности обычно применяют статические конденсаторы.

Реактивная мощность, кВар, статических конденсаторов определяют как разность между фактической наибольшей реактивной мощностью Q_M нагрузки предприятия и предельной реактивной мощностью Q_{Σ} , предоставляемой предприятию энергосистемой по условиям режима ее работы:

$$Q_K = Q_M - Q_{\Sigma} = P_M (\operatorname{tg} \varphi_M - \operatorname{tg} \varphi_{\Sigma}),$$

$$\text{где } Q_M = P_M \cdot \operatorname{tg} \varphi_M$$

P_M - мощность активной нагрузки предприятия в часы максимум энергосистемы;

$\operatorname{tg} \varphi_M$ — фактический тангенс угла, соответствующий мощностям нагрузки P_M и Q_M ($\operatorname{tg} \varphi_M = Q_M / P_M$);

$\operatorname{tg} \varphi_{\Sigma}$ - оптимальный тангенс угла, соответствующий установленным предприятию условиям получения от энергосистемы мощностей нагрузки P_M и Q_M . Тип и мощность конденсаторов выбираются по таблице.

Таблица- Основные данные конденсаторных установок

Типовые обозначения	Номинальная мощность, кВар
---------------------	----------------------------

УК -0,38 -75 УЗ	75
УК - 0,38 -150 УЗ	150
УКБ-0,38-150 УЗ	150
УКБ-0,38-300УЗ	300
УКБ-0,38-50 УЗ	50
УКБ-0,38-150 УЗ	150

Вначале рассчитывают $Q'_K = (0,2+0,5d)S_{np} K_3$,

где S_{np} - присоединенная мощность трансформаторов 6-10/0,4 кВ;

d - доля установленной мощности асинхронных двигателей и сварочных трансформаторов в составе приемников электроэнергии низкого напряжения;

K_3 -коэффициент загрузки трансформаторов 6-10кВ.

Далее определяют мощность компенсирующих устройств Q_K по следующей шкале:

Q' , кВар	До 50	50-120	120-190	190-260	260-380	Более 380
Q , кВар	0	75	150	225	300	450

Если Q_K окажется меньше мощности устройства, уже установленного в сети потребителя, в качестве Q_K принимают фактическую мощность установленного устройства.

При питании потребителя от сети 380В в качестве присоединенной мощности принимают его максимальную нагрузку, определяемую измерением. Для таких потребителей Q_K определяют по той же формуле, при этом $K_3=1$.

Мощность компенсирующих устройств можно определить:

$$Q'_K = P_{расч} (\operatorname{tg} \varphi_{расч} - 0,2),$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{расч}$ соответствует стороне высокого напряжения трансформаторов.

При питании потребителей от сети 380В значение Q_K устанавливают

равным, стандартной мощности батарей конденсаторов, ближайшей к расчетной реактивной нагрузке потребителя.

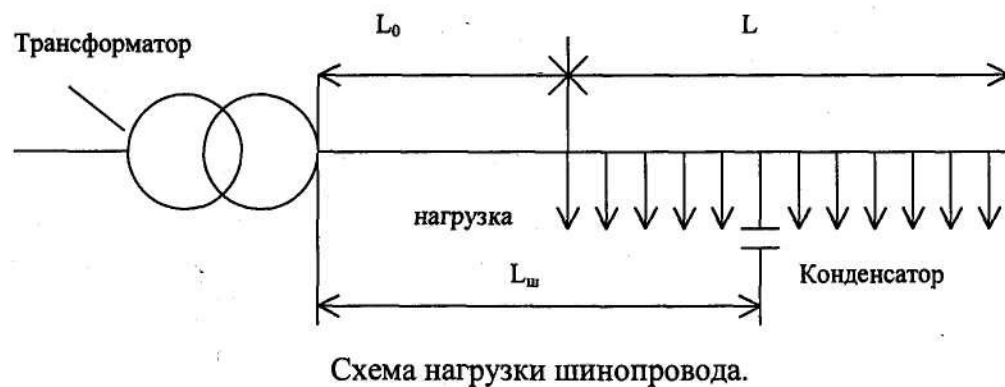
В целях промышленных предприятий батареи статических конденсаторов рекомендуется размещать у групповых распределительных пунктов,

подстанции. Если нагрузка распределена равномерно по шинопроводу, то точное распределение конденсаторов определяется по формуле:

$$L_{ш} = L_0 + (1 - Q_k / (2Q)) L, (м)$$

где L_0 , L - соответственно длина магистральной и распределительной частей шинопровода, м; Q_k - мощность конденсаторов, кВар; Q - суммарная реактивная мощность шинопровода, кВар.

Чтобы обеспечить при отключении разряд статических конденсаторов, батарея должна быть постоянно подключена разрядное сопротивление.



Разрядное сопротивление, Ом, определяют по формуле:

$$r_p \leq 15 \cdot 10 (U_{\phi} / Q_k)$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение сети, кВ.

В сети напряжением 380В в качестве разрядных сопротивлений рекомендуется применять три группы по две последовательно соединенные лампы на 220В, подключенные треугольником параллельно батарее конденсаторов.

Пример: Определить мощность конденсаторной батареи Q_k для

компенсации реактивной мощности при следующих данных: присоединенная мощность $S_{пр} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, доля асинхронной и сварочной нагрузки составляет 80%, коэффициент загрузки трансформатора $K_3 = 0,8$

Пример расчета:

Стр, кВ·А	Задачи							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	160	250	400	630	1000	100	63	160
d, %	70	75	80	85	90	95	80	75
Kз	0,7	0,8	0,85	0,75	0,75	0,85	0,9	0,7

Реактивная мощность передаваемая энергосистемой предприятию, равна
 $Q_k = (0,2 + 0,5d) S_{np} \cdot K_z = (0,2 + 0,5 \cdot 0,8) 630 \cdot 0,8 = 302,4$ кВар.

По шкале стандартных мощностей Q_k равна 300 кВар. По таблице выбираем конденсаторную установку УКБ - 0,38-300 УЗ, мощностью 300 кВар

Задание.

Определить мощность конденсаторной батареи Q_k для компенсации реактивной мощности при следующих данных:

Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить по предложенной методике задание.
2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема №3 «Внешнее электроснабжение объектов»

«Ознакомление с оборудованием и режимом работы подстанции»

Цель занятия: - ознакомиться с оборудованием и режимом работы подстанции
- закрепить теоретические знания по теме.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

знать:

- основное электрооборудование подстанций.

Задачи практической работы:

1. Изучить назначение, устройство и режимы работы подстанции.
2. Оформить отчет по практической работе (экскурсии).

Вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию:

1. Выбор места расположения подстанции.

Задания для практического занятия:

1. Изучить конструктивное исполнение подстанции.
2. Изучить назначение оборудования подстанции.
3. Изучить режимы работы подстанции.



Порядок выполнения отчета по практической работе (экскурсии)

1. Ознакомиться с оборудованием и режимом работы подстанции.
2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема №3 «Внешнее электроснабжение объектов»

«Определение местоположения цеховой подстанции»

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету и выбору местоположения цеховой подстанции;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать и выбирать центр нагрузки на плане предприятия.

знать:

- последовательность выполнения расчета и условия выбора местоположения цеховой подстанции.

Задачи практической работы:

- 1 Изучить методику расчета и выбора центра нагрузки.
- 2 Выполнить по примеру расчета задание.
- 3 Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

Определить местоположения подстанции - это найти координаты центров нагрузок.

По исходным данным построить оси X и Y генплана и нанести центры электрических нагрузок каждого цеха.

С учетом размеров территории выбрать масштаб нагрузок, ориентируясь на наибольшую и наименьшую.

Задание

Генплан 3х2 км с силовыми нагрузками цехов (5 мм=0,1 км)

Параметр	Номер цеха				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
Р, кВт	100	160	1000	400	25
Х, км	0,6	1,45	2,4	1,55	0,4
У, км	1,45	1,25	0,9	0,55	0,4
cosφ	0,7	0,75	0,9	0,8	0,6

Определить координаты, нанести на генплан.

Порядок выполнения отчета по практической работе

- 1 Выполнить по предложенной методике задание.
- 2 Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема №3 «Внешнее электроснабжение объектов»

«Расчет и выбор силового трансформатора»

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету и выбору силового трансформатора;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать и выбирать силовой трансформатор для цеховой подстанции.

знать:

- последовательность выполнения расчета и условия выбора силового трансформатора.

Задачи практической работы:

- 1 Изучить методику расчета и выбора компенсирующих устройств.
- 2 Выполнить по примеру расчета задание.
- 3 Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

Выбор типа, числа и схем питания подстанций должен обуславливаться величиной и характером электрических нагрузок, размещением нагрузок на генеральном плане предприятия, а также производственными, архитектурно-строительными и эксплуатационными требованиями. Как правило,

выбирается комплектная трансформаторная подстанция (КТП). Число и мощность трансформаторов выбирают по: графику нагрузки потребителей

подсчитанным величинам средней и максимальной мощности; категория потребителей с учетом потребителей I категории, требующих надежного резервирования; экономически целесообразному режиму, под которым понимается режим, обеспечивающий минимум потерь мощности и электроэнергии трансформаторе при работе по заданному графику.

- коэффициент заполнения графика $K_{з.г.}$

$$K_{з.г.} = S_{см} / S_{макс}$$

где $S_{см}$ – среднесменная полная мощность, кВ·А

$S_{макс}$ – максимальная полная мощность, кВ·А

- коэффициент кратности $K_n = 0,93$

- номинальная мощность трансформатора $S_{ном}$, кВ·А

$$S_{ном} = S_{макс} / K_n$$

Предварительно к установке принят трансформатор ТМ- 10/0,4
номинальной мощностью кВ·А.

- коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме K_3

$$K_3 = S_{макс} / S_{ном} ,$$

- проверка установленной мощности для аварийного режима в период максимума с допустимой нагрузкой 140%

$$1,4 \cdot S_{ном} > 0,75 \cdot S_{макс}$$

Окончательно к установке принят трансформатор типа ТМ- 10/0,4
номинальной мощностью кВ·А, напряжением первичной обмотки 10 кВ,
напряжением вторичной обмотки 0,4 кВ, схемой соединения обмоток «звезда»
напряжением короткого замыкания % .

Порядок выполнения отчета по практической работе

1 Выполнить по предложенной методике задание.

2 Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема №3 «Внешнее электроснабжение объектов»

«Расчет токов короткого замыкания»

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету токов короткого замыкания;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать токи короткого замыкания .

знать:

- последовательность выполнения расчета токов короткого замыкания.

Задачи практической работы:

- 1 Изучить методику расчета и выбора компенсирующих устройств.
- 2 Выполнить по примеру расчета задание.
- 3 Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

В современных энергосистемах ток короткого замыкания достигает нескольких десятков и даже сотен тысяч ампер. Токи оказывают термическое и электродинамическое воздействие, при этом разрушается электрическая оболочка, расплавляются токоведущие части, повреждается изоляция. Расчет тока короткого замыкания необходим для выбора электрического

оборудования, шинопроводов, изоляции, а также для проектирования релейной защиты и выбора средств ограничения токов короткого замыкания дл

расчетов пользуемся упрощенной одноименной расчетной схемой. В расчетной схеме составляется схема замещения (Приложение). Расчет токов короткого замыкания производится в именованных единицах.

1 Определяем сопротивление системы

Принимаем базисную мощность $S_б = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$

$$X_c = U_{\text{ном}} / S_б,$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, кВ ($U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$)

2 Определяем номинальный ток трансформатора

$$I_{\text{ном}} = S_{\text{тр}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}$$

3 Определяем сечение высоковольтного кабеля

$$S = I_{\text{ном.}} / j_{\text{эк}},$$

где $j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, А / мм² ($j_{\text{эк}} = 1,4$)

По [2, стр.75, табл.28] выбираем кабель марки ААШв

4 Проверяем кабель на устойчивость при перегрузке трансформатора

$$I_{\text{нагр. макс.}} = 1,4 \cdot I_{\text{ном.тр.}},$$

5 Определяем активное сопротивление кабельной линии

$$R_k = 1000 \cdot \ell / \gamma \cdot S,$$

где ℓ – длина кабельной линии, км.

S – сечение кабеля, мм²

γ – удельная проводимость ($\gamma = 32 \text{ м} \cdot \text{мм}^2 / \text{Ом}$) .

6 Определяем индуктивное сопротивление кабельной линии

$$X_k = x_0 \cdot \ell$$

где $X_0 = 0,08 \text{ Ом / км}$ [3, стр.62, табл.1.9.5]

7 Определяем полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки K_1

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + (X_c + X_k)^2}$$

8 Определяем установившийся ток трехфазного короткого замыкания в точке K_1

$$I_{k1} = U_{\text{ном}} / \sqrt{3} \cdot Z_k,$$

9 Определяем мощность короткого замыкания в точке K_1

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{k1}$$

1.9.10 Проверяем кабель на термическую устойчивость тока короткого замыкания

$$S_{\text{мин}} = I_{k1} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}} / C,$$

где $t_{\text{пр}}$ – приведенное время, с ($t_{\text{пр}} = 0,25$)

C – коэффициент соответствующий разности выделения тепла до и после короткого замыкания ($C = 95$)

Определяем ток короткого замыкания в точке K_2 необходимо для определения срабатывания защитной аппаратуры на стороне низшего напряжения 0,4 кВ и токах короткого замыкания

Для расчета необходимо пересчитать все параметры высшего напряжения 0,4кВ

11 Определим сопротивление систем

$$X_{c0,4} = X_{c10} \cdot (U_2^2 / U_1^2),$$

где U_1 – напряжение на стороне 10 кВ

U_2 – напряжение на стороне 0,4 кВ

12 Определим активное сопротивление

$$R_{к0,4} = R_{к10} \cdot (U_2^2 / U_1^2)$$

13 Определим реактивное сопротивление кабеля

$$X_{к0,4} = X_{к10} \cdot (U_2^2 / U_1^2)$$

14 Определим полное сопротивление трансформатора

$$Z_{тр} = (U_{к.з} / 100) \cdot U_2^2 / S_{ном.тр}$$

15 Определим активное сопротивление трансформатора

$$R_{тр} = (P_{к.з} / 100) \cdot U_2^2 / S_{ном.тр}$$

16 Определим сопротивление трансформатора

$$X_{мп} = \sqrt{Z_{мп}^2 - R_{мп}^2}$$

17 Определим сопротивление автоматического выключателя марки А3740

$I_{ном} = 630$ А от трансформатора к ШМА по [3, ст.61, табл.1.9.3]

$$R_{a1} = 0,34 \text{ мОм/м}$$

$$X_{a1} = 0,094 \text{ мОм/м}$$

18 Определим сопротивление магистрального шинпровода ШМА73 по [3, ст.61, табл.1.9.7]

$$R_o = 0,1 \text{ мОм/м}$$

$$X_o = 0,115 \text{ мОм/м}$$

$$\ell = \text{м}$$

$$R_{ШМА} = R_o \cdot \ell$$

$$X_{ШМА} = X_o \cdot \ell$$

19 Определим сопротивление автоматического выключателя марки А3730Б $I_{ном} = 400$ А от ШМА к ШРА по [3, ст.61, табл.1.9.3]

$$R_{a2} = 0,55 \text{ мОм}$$

$$X_{a2} = 0,1 \text{ мОм}$$

20 Определим сопротивление распределительного шинпровода ШРА [3, ст.61, табл.1.9.7]

$$R_0 = 0,085 \text{ мОм/м}$$

$$X_0 = 0,075 \text{ мОм/м}$$

$$\ell = \text{м}$$

$$R_{\text{ШРА}} = R_0 \cdot \ell$$

$$X_{\text{ШРА}} = X_0 \cdot \ell$$

21 Определим сопротивление автоматического выключателя АЗ710Б с $I_{\text{НОМ}}=100\text{А}$ от ШРА к электроприемнику по [3, ст.61, табл.1.9.3]

$$R_{\text{а3}} = 2,55 \text{ мОм/м}$$

$$X_{\text{а3}} = 0,16 \text{ мОм/м}$$

Сопротивление провода идущего от автомата к двигателю пренебрегаем

22 Определим полное сопротивление цепи короткого замыкания в точку K_2

$$Z_{\text{к2}} = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2},$$

$$\text{где } \Sigma R = R_{\text{к0,4}} + R_{\text{тр}} + R_{\text{а1}} + R_{\text{ШМА}} + R_{\text{а2}} + R_{\text{ШРА}} + R_{\text{а3}}$$

$$\Sigma X = X_{\text{с0,4}} + X_{\text{к0,4}} + X_{\text{тр}} + X_{\text{а1}} + X_{\text{ШМА}} + X_{\text{а2}} + X_{\text{ШРА}} + X_{\text{а3}}$$

23 Определим ток трехфазного короткого замыкания в точке K_2

$$I_{\text{к2}} = U_2 / \sqrt{3} \cdot Z_{\text{к2}}$$

24 Определяем ударный ток короткого замыкания в точке K_2

$$I_{\text{уд.к2}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к2}}$$

$K_{\text{уд}}$ - ударный коэффициент определяется по [3, стр.60] $K_{\text{уд}} = 1,2$

Порядок выполнения отчета по практической работе

1 Выполнить по предложенной методике задание.

2 Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема №3 «Внешнее электроснабжение объектов»

«Расчет контура заземления».

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме заземляющие устройства;

- приобрести практические навыки по определению количества заземлителей;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Обучающийся должен

уметь:

- определять количество заземлителей .

знать:

- назначение и виды заземлителей.

Задачи практической работы:

3. Изучить последовательность расчета защитного заземления.
4. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

При расчете заземляющего устройства определяются тип заземлителей, их количество и место размещения, а также сечение заземляющих проводников

Этот расчет производится для ожидаемого сопротивления

заземляющего устройства в соответствии с существующими

требованиями ПУЭ. Расчетное значение удельного сопротивления грунта в месте устройства заземления:

$$\rho = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi,$$

где $\rho_{\text{изм}}$ - измеренное сопротивление грунта;

ψ – коэффициент повышения сопротивления.

При отсутствии данных измерения удельного сопротивления грунта для расчетов пользуются примерными значениями (табл.1)

Таблица 1 – Удельные сопротивления грунтов

Грунт	Удельное сопротивление ρ , Ом·м
Песок	700
Супесь	300
Глина	40
Суглинок	100
Чернозем	60
Гравий, щебень	200
Каменистые почвы	400

Расчетные значения коэффициентов повышения сопротивления для различных грунтов приведены в табл.2

Таблица 2 – Коэффициенты повышения сопротивления

Характер грунта	Глубина заложения, м	Расчетные коэффициенты		
		ψ_1	ψ_2	ψ_3
Суглинок	0,8-3,8	2	1,5	1,4
Гравий, щебень	0-2	1,8	1,2	1,1
Песок	0-2	2,4	1,56	1,2
Глина	0-2	2,4	1,36	1,2
Супесь	0,7-1	2,2	1,5	1,1
Чернозем	0-3	2,4	1,4	1,3
Каменистые почвы	0-2	2,5	1,51	1,2

ψ_1 – удельное сопротивление грунта соответствует минимальному значению
грунт влажный.

ψ_2 – удельное сопротивление грунта соответствует среднему значению, грун-
средней влажности.

ψ_3 - удельное сопротивление грунта соответствует наибольшему значению
грунт сухой.

Сопротивление одиночного заземлителя:

прутков электрода диаметром 12 мм, длиной 5 м

$$R_0 = 0,00227 \cdot \rho$$

угловой стали размером 50x50x5 мм, длиной 2,5 м

$$R_0 = 0,0034 \cdot \rho$$

трубы диаметром 60 мм, длиной 2,5 м

$$R_0 = 0,00325 \cdot \rho$$

Число вертикальных заземлителей :

$$n = R_0 / (\eta \cdot R_3),$$

где η – коэффициент использования.

Заземлители соединяют между собой посредством горизонтальных пол-
По форме расположения заземлителей различают выносное и контурное
заземление. Способ размещения заземлителей (в ряд или по контуру)
определяется по плану установки. Полосовая сталь, применяемая для
электрической связи между электродами, является дополнительным заземлени-
Ввиду сравнительно большого сопротивления соединительных полос оно ма-
влияет на общее сопротивление заземляющего устройства. Поэтому
практических расчетах проводимость соединительных полос можно
учитывать.

Пример расчета:

Определить число электродов заземления подстанции напряжением 6/10
кВ. На стороне напряжения 6 кВ нейтраль изолирована, на стороне 0,4 кВ – глу-
заземлена. Общая протяженность воздушных линий 6 кВ

составляет $\ell_B=10$ км, кабельных линий 6 кВ - $\ell_K=20$ км. Измерения грунта произведенные в июне, показали величину удельного сопротивления $\rho_{изм}=60$ Ом·м или $0,6 \cdot 10^4$ Ом·см. В период измерений влажность грунта была средняя.

Последовательность расчета:

1. Ток однофазного замыкания на землю в сети 6 кВ:

$$I_3 = U(35 \ell_K + \ell_B) / 350 = 6(35 \cdot 20 + 10) / 350 = 12,2 \text{ А}$$

2. Сопротивление заземляющего устройства для сети 6 кВ при общем заземлении:

$$R_3 = U_3 / I_3 = 125 / 12,2 = 10,2 \text{ Ом}$$

Сопротивление заземляющего устройства для сети 380/220 должно быть не больше 4 Ом. Принимаем наименьшее сопротивление заземляющего устройства 4 Ом.

5. Расчетное удельное сопротивление грунта:

$$\rho = \rho_{изм} \cdot \psi_2 = 0,6 \cdot 10^4 \cdot 1,5 = 0,9 \cdot 10^4 \text{ Ом·см}$$

6. Выбираем в качестве заземлителей прутковые электроды. Сопротивление одиночного пруткового заземлителя:

$$R_0 = 0,00227 \cdot \rho = 0,00227 \cdot 0,9 \cdot 10^4 = 20,4 \text{ Ом}$$

Принимаем размещение заземлителей в ряд с расстоянием между ними $a=6$ м.

7. Число заземлителей:

$$n = R_0 / (\eta \cdot R_3) = 20,4 / (0,8 \cdot 4) = 6,375 \approx 6 \text{ шт.}$$

где $\eta=0,8$ при $a/\ell > 1$

Вывод: к установке принимаем 6 прутковых заземлителей.

Задание:

Рассчитать количество заземлителей заземления подстанции напряжением 6/0,4 кВ. На стороне напряжения 6 кВ нейтраль изолирована, на стороне 0,4 кВ глухо заземлена.

Вариант	ℓ_B	ℓ_K	заземлитель	Влажность грунта
1	10	20	труба	песок

				влажный
2	15	5	прутковый электрод	супесь средней влажности
3	20	10	труба	глина сухая
4	12	2	угловая сталь	суглинок влажный
5	14	4	угловая сталь	чернозем сухой
6	18	6	прутковый электрод	гравий средней влажности
7	10	8	труба	каменистые почвы влажный
8	20	15	угловая сталь	суглинок сухой
9	15	20	прутковый электрод	супесь влажный
10	12	5	труба	каменистые почвы сухой
11	18	15	угловая сталь	чернозем средней влажности
12	14	10	прутковый электрод	гравий влажный
13	10	4	прутковый электрод	глина средней влажности
14	15	6	труба	песок средней влажности
15	20	8	прутковый электрод	чернозем сухой

Вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию:

1. Что применяют в качестве заземлителей.
2. Виды заземления по расположению заземлителей.

Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить по примеру расчета задание по вариантам.

2. Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема №5 «Релейная защита в системах электроснабжения»

«Расчет и выбор элементов релейной защиты цехового трансформатора».

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме релейная защита в системах электроснабжения;

- приобрести практические навыки по выбору элементов релейной защиты;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- выбирать элементы релейной защиты .

знать:

- виды защит, принципы действия, параметры релейной защиты.

Задачи практической работы:

- 1.Изучить последовательность расчета элементов релейной защиты.
- 2.Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

Защита, устанавливаемая на силовом трансформаторе, должна и обеспечивать его отключение при коротких замыканиях, или подавать сигнал ненормальном режиме работы трансформатора. Установленная на

трансформаторе защита выполнена на оперативном переменном токе применением реле прямого действия типов РТМ и РТВ, реле косвенно

действия типа РТ-80 и газового реле. Защита от внутренних повреждений трансформаторе осуществляется газовым реле ПГ-22.

Пример расчета:

Выбрать типы защит и определить уставки срабатывания реле для защиты силового трансформатора мощностью $S=2500$ кВ·А, напряжением $U=35/6$ кВ. Токи короткого замыкания : на высшей стороне $I_{к1}=3,5$ кА; на низшей стороне – $I_{к2}=0,8$ кА.

Последовательность выполнения расчета:

Принимаем для защиты трансформатора максимально-токовую защиту на низшей стороне и токовую отсечку на высшей стороне трансформатора, а также газовую защиту от внутренних повреждений.

1 Номинальные токи на низшей и высшей сторонах трансформатора:

$$I_{\text{НОМ}} = S / (\sqrt{3} \cdot U)$$

$$I_{\text{НОМ}1} = 2500 / (1,73 \cdot 35) = 41,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ}2} = 2500 / (1,73 \cdot 6) = 241,3 \text{ А}$$

Намечаем установку двух трансформаторов тока с соединением их в неполную звезду ($k_{\text{сх}}=1$).

Выбираем трансформаторы тока [9, стр.83, табл.1.12.1]: для высшей стороны типа ТЛН-35- 100/5; для низшей стороны- типа ТПЛН-10 – 300/5.

Принимаем для максимальной токовой защиты реле [9, стр.83, табл.1.12.2] типа РТ-40/20 и реле времени типа ЭВ-122 с уставками 0,25-3,5 с.

2 Ток срабатывания максимальной токовой защиты

$$I_{\text{ср}} = k_{\text{н}} k_{\text{сх}} I_{\text{НОМ}} / (k_{\text{в}} k_{\text{т.т}})$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности отстройки, учитывающий погрешности реле и ТТ [9, стр.83, табл.1.12.3]. $k_{\text{н}}=1,1 \dots 2$.

$k_{\text{сх}}$ – коэффициент схемы.

$k_{\text{сх}}=1$ - при соединении обмоток по схеме «неполная звезда»,

$k_{\text{сх}}=1,73$ - во всех случаях при трехфазном к.з.,

$k_{\text{сх}}=1$ - при к.з. двух фаз и одном трансформаторе тока,

$k_{\text{сх}}=2$ – при к.з. двух фаз и включении на разность токов обмоток двух ТТ.

k_B – коэффициент возврата реле, $k_B=0,8\dots0,85$.

$k_{T.T}$ - коэффициент трансформации, $k_{T.T}=I_{1H}/ I_{2H}$

I_{1H} - ток трансформатора тока номинальный,

$I_{2H}=5$ А для всех трансформаторов.

$$I_{cp}=1,3 \cdot 1 \cdot 241,3 / (0,85 \cdot 60) = 6,15 \text{ А}$$

Принимаем уставку тока срабатывания реле РТ-40/20 равной 5-10 А при последовательном соединении катушек.

3 Коэффициент чувствительности защиты по двухфазному к.з. на низшей стороне трансформатора

$$k_{\text{ч}} = 0,87 I_{K2} / (I_{cp.p} k_{T.T})$$

$$k_{\text{ч}} = 0,87 \cdot 800 / (6,15 \cdot 60) = 1,86 \quad 1,86 > 1,5$$

4 Ток срабатывания отсечки, устанавливаемой со стороны питания трансформатора

$$I_{cp.p} = k_H k_{cx} I_{K2} / k_{T.T}$$

$$I_{cp.p} = 1,4 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 800 / 20 = 48,5 \text{ А}$$

5 Коэффициент чувствительности отсечки при двухфазном к.з.

$$k_{\text{ч}} = 0,87 \cdot 3500 / (48,5 \cdot 20) = 3,1 \quad 3,1 > 2$$

При указанных токах срабатывания и чувствительности, токовая отсечка будет отключать одновременно трансформатор на низшей и высшей сторонах.

Для защиты от внутренних повреждений устанавливаем газовое реле типа ПГ-22 с действием на отключение.

Задание:

Произвести расчет и выбор релейной защиты в соответствии со следующими данными.

№ п/	Электроприемник	Схема РЗ	I_k , кА	
			1	2

1	ТМ – 100/10/0,4	НЗ	0,2	0,04
2	ТМ – 250/10/0,4	НЗ	6	1,2
3	ТМ – 250/6/0,4	Разн.	12,5	2,4
4	ТМ – 250/10/0,4	Разн.	12,5	2,4
5	ТМ – 160/6/0,4	НЗ	0,3	0,06
6	ТМ – 250/6/0,4	НЗ	0,4	0,08
7	ТМ – 1000/10/0,4	НЗ	2,5	0,5
8	ТМ – 160/10/0,4	НЗ	3	0,6
9	ТМ – 160/10/0,4	Разн.	4	0,8
10	ТМ – 630/10/0,4	НЗ	1	0,2
11	ТМ – 400/10/0,4	НЗ	0,7	0,14
12	ТМ – 160/6/0,4	НЗ	0,8	0,16
13	ТМ – 160/6/0,4	Разн.	2,5	0,5
14	ТМ – 400/10/0,4	Разн.	2	0,4
15	ТМ – 630/10/0,4	Разн.	3,2	0,64

Порядок выполнения отчета по практической работе

- 1 Выполнить по примеру расчета задание по вариантам.
- 2 Составить отчет.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема № 6 «Элементы техники высоких напряжений»

Расчет молниезащиты

Цель занятия: - закрепить теоретические знания по теме;

- приобрести практические навыки по расчету молниезащиты;
- приобрести практические навыки пользования справочной и методической литературой.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения

Обучающийся должен

уметь:

- рассчитывать молниезащиту промышленных и гражданских зданий.

знать:

- последовательность выполнения расчета молниезащиты.

Задачи практической работы:

1. Изучить последовательность выполнения расчета и выбора компенсирующих устройств.
2. Выполнить по примеру расчета задание.
3. Оформить отчет по практической работе.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

Защита зданий от прямых ударов молнии выполняется при помощи тросовых или стержневых молниеотводов. Если сопротивление заземляющего устройства менее 1 Ом, то разрешается присоединять молниеотвод к заземлителю. Если молниеотвод на концевой опоре не обеспечивает защиту от перенапряжений, следует предусмотреть дополнительную установку

отдельно стоящего молниеотвода с сопротивлением заземляющего устройства не более 25 Ом. Молниеотвод представляет собой железный стержень диаметром около 25 мм. Они устанавливаются на самое высокое здание.

При расчете молниеотводов учитывается необходимость получения определенной зоны защиты, которая представляет собой пространство защищаемое от прямых ударов молнии.

Для одиночного стержневого молниеотвода при высоте менее 60 м, радиус защиты

$$r_x = 1,6 \cdot h(h - h_x) / (h + h_x),$$

где $h - h_x = h_a$ – разность высот молниеотвода и защищаемого объекта, h – активная высота;

h – высота молниеотвода;

h_x – высота защищаемого объекта.

Наибольший радиус защиты получается на поверхности земли, где

$r_x = 1,5 h$. При угле защиты $\alpha = 40^\circ$.

Для тросового молниеотвода при высоте подвеса менее 30 м радиус защиты

$$r_x = 0,8 \cdot h(h - h_x) / (h + h_x),$$

где h – высота подвеса троса;

h_x – высота подвеса защищаемых проводов;

$h - h_x = h_a$ – активная высота.

Зона защиты при этом представляет собой полосу шириной $2 r_x$ при защитном угле троса $\alpha = 25-30^\circ$.

Допустимое расстояние по воздуху при прямом ударе молнии в молниеотвод определяется импульсным напряжением в точке, расположенной от земли на высоте ℓ :

$$U_{\text{и}} = i_{\text{м}} R_{\text{и}} + L di/dt,$$

где $i_{\text{м}}$ – мгновенное значение тока молнии;

$R_{\text{и}}$ – импульсное сопротивление заземлителя;

L – индуктивность участка ℓ токоотвода от заземлителя до рассматриваемой точки.

При токе молнии $I_M > 150$ кА принимают $\omega L = \ell$, тогда амплитудное импульсное напряжение

$$U_{\text{макс}} = (I_M/2)[R_{\text{и}} + \sqrt{R_{\text{и}}^2 + \ell^2}].$$

В этом случае минимальное расстояние по воздуху и в земле при $E_{\text{в}} = 500$ кВ/м, $E_{\text{з}} = 300$ кВ/м составит (м).

$$S_{\text{мин.в}} = U_{\text{макс}}/E_{\text{в}}$$

$$S_{\text{мин.з}} = I_M R_{\text{и}}/E_{\text{з}}.$$

Пример расчета:

Определить высоту молниеотвода при ударе молнии, если $I_M = 150$ кА, сопротивление импульсного заземлителя $R_{\text{и}} = 10$ Ом, высота защищаемого сооружения $\ell = 10$ м (h_x), размеры сооружения 6×6 м.

Последовательность расчета:

1. Импульсное напряжение:

$$U_{\text{макс}} = (150/2)(10 + \sqrt{100 + 100}) = 1810 \text{ кВ}$$

2. Расстояние по воздуху должно быть не менее

$$S_{\text{в}} = 1810/500 = 3,62 \text{ м}$$

3. Расстояние в земле должно быть

$$S_{\text{з}} = 150 \cdot 10/300 = 5 \text{ м}$$

При полученных расстояниях не произойдет пробоя между молниеотводом и защищаемым сооружением. Высота молниеотвода должна быть выбрана так чтобы защищаемое сооружение находилось в защитной зоне молниеотвода. Для этого при одиночном молниеотводе необходимо, чтобы

$$r_x > S_{\text{в}} + a = 3,62 + 6 = 9,62 \text{ м},$$

где a – размер стороны защищаемого объекта.

Высота молниеотвода:

$$h = (1,6h_x + r_x/3,2) + \sqrt{(1,6h_x + r_x/3,2)^2 + (h_x r_x/1,6)}.$$

Приняв $r_x = 10$ м, при $h_x = 10$ м находим высоту молниеотвода $h = 19$ м.

Задание:

Определить высоту молниеотвода при ударе молнии при следующих данных:

Вариант	Тип м/з	h_x , м	I_M , кА	$R_{и}$, Ом	E_B , кВ/м	E_3 ,кВ/м	A, м	B, м
1	с	20	150	20	450	300	8	8
2	т	15	200	10	500	250	6	6
3	с	10	180	15	500	300	10	10
4	с	8	100	20	600	200	20	30
5	т	12	120	12	450	300	8	8
6	т	16	200	15	500	250	6	6
7	т	25	100	10	500	300	10	10
8	с	10	150	20	600	200	30	20
9	т	20	120	10	450	300	6	8
10	с	15	180	15	500	250	8	6
11	с	8	150	20	500	300	10	8
12	т	12	200	12	600	200	6	10
13	с	16	180	15	450	300	8	8
14	т	10	100	10	500	250	6	6
15	т	20	120	8	500	300	10	10

Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Выполнить по предложенной методике задание.
2. Составить отчет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев И.И. «Справочник по электротехнике и электрооборудованию»- «Высшая школа», 2019г.
2. Дьяков В.И. «Типовые расчеты по электрооборудованию» - М., «Высшая школа», 2019г.
3. Извлечение из ПТЭ и ПТБ электроустановок напряжением до 1000В - «Энергоатомиздат» 1990г.
4. Крупович В.И., Барынин Ю.Г, Самовер М.Л. «Справочник проектированию электроснабжения» - М., «Энергия», 1980г.
5. Липкин Б.Ю. «Электроснабжение промышленных предприятий и установок» - М., «Высшая школа», 2019г.
6. Москаленко В.В. «Справочник электромонтера» – М., «Академия», 2021г.
7. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. «Электрооборудование электрических станций и подстанций» - М., «Академия», 2020г.
8. А.Г. Ус., Елкина Т.В «Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий» - Минск, Технопринт, 2019г.
9. В.П. Шеховцов «Расчет и проектирование схем электроснабжения» - Форум-Инфра-М, 2020 г.

Приложение

**Таблица 3 Нормы освещенности рабочих поверхностей в
производственных помещениях**

Характер зрительной работы	Наименьший размер объекта различения	Разряд работ	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Норма освещенности	
					Комб.	Общ.
Наивысшая точность	Менее 0,15 мм	1	Малый	Темный	5000	1500
				Средний	4000	1250
				Светлый	3000	1000
			Средний	Темный	2500	750
				Средний	2500	750
				Светлый	1500	400
			Большой	Темный	2500	400
				Средний	1500	300
				Светлый	1250	300
Очень высокая точность	От 0,15 до 0,3 мм	2	Малый	Темный	4000	1250
				Средний	3000	750
				Светлый	2000	500
			Средний	Темный	2000	500
				Средний	1500	500
				Светлый	1000	300
			Большой	Темный	1000	500
				Средний	750	300
				Светлый	750	200
Высокая точность	От 0,3 до 0,5 мм	3	Малый	Темный	2000	500
				Средний	1000	300
				Светлый	750	300
			Средний	Темный	1000	300
				Средний	750	200
				Светлый	400	200
			Большой	Темный	600	200
				Средний	400	200
				Светлый	400	150
Средняя точность	От 0,5 до 1 мм	4	Малый	Темный	750	300
				Средний	600	200
				Светлый	400	150

			Средний	Темный	500	200
				Средний	400	150
				Светлый	300	100
			Большой	Темный	400	150
				Средний	300	100
				Светлый	200	100
Малая точность	От 1 до 5 мм	5	Малый	Темный	300	200
				Средний	200	150
				Светлый	-	150
		Средний	Темный	-	150	
			Средний	-	100	
			Светлый	-	75	
		Большой	Темный	-	100	
			Средний	-	100	
			Светлый	-	75	
Грубая работа	Более 5 мм	6	Не зависимо от характеристик фона и контраста		-	150
Работа в горячих цехах со светящимися материалами	Более 5 мм	7	Не зависимо от характеристик фона и контраста		-	200

Таблица 2 Основные характеристики светильников

Группа светильников	L/h	КПД при индексе помещения i					
		0,6	0,8	1,25	2	3	5
Д1	1,3	36	48	57	66	76	85
Д2	0,96	42	51	65	71	85	90
Г1	0,91	45	56	65	76	78	84
Г2	0,77	55	66	80	92	98	99
Г3	0,66	63	72	83	91	96	99
Г4	0,57	68	73	81	87	91	94
К1	0,49	70	78	86	92	96	98
К2	0,42	72	80	91	96	99	99

Таблица 3 Основные характеристики ламп

Лампы накаливания			Люминисцентные лампы		
мощность	тип	световой поток	мощность	тип	световой поток
15	В	105	20	ЛДЦ	780
25	В	220	20	ЛД	870
40	БК	400	20	ЛБ	1120
40	БК	460	30	ЛДЦ	1375
60	Б	790	30	ЛД	1560
100	Г	1350	30	ЛБ	1995
150	Г	2000	40	ЛДЦ	1995
200	Г	2800	40	ЛД	2225
300	Г	4600	40	ЛБ	1850
500	Г	8300	80	ЛДЦ	3380
750	Г	13100	80	ЛД	3865
1000	Г	18600	80	ЛБ	4960

