ИНСТИТУТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
INSTITUTE OF PROFESSIONAL EDUCATION

Направление: Электроэнергетика

Профиль: Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на тему:

«Проектирование системы электроснабжения многоэтажного административного здания»

Обучающийся Смирнов Иван Александрович
Ф.И.О. (подпись)

Руководитель
Ф.И.О. (подпись)

Москва 2023

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 52 страницах, содержит 5 рисунков, 7 таблиц, 15 источников литературы.

Ключевые слова: ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ, ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКРОСНАБЖЕНИЕ, ОСВЕЩЕНИЕ, ТРАНСФОРМАТОР ТОКА, АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ, МОЛНИЕЗАЩИТА, УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Электроснабжение многоэтажного административного здания»

В данной работе рассмотрен процесс энергоснабжения офисного здания.

2. Цель выпускной квалификационной работы: разработать проект системы электроснабжения офисного здания.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ силовых данных офисного здания, разработан проект системы электроснабжения.

4. Разработанный проект выполнен с учетом действующих норм, можно использовать для строительства общественных зданий, так как выполнен с учетом всех норм.

Содержание

Введение.....4
1 Характеристика административного здания.....6
2 Электроснабжение административного здания.....12
2.1 Расчёт освещённости.....12
2.2 Расчёт электрической нагрузки административного здания.....20
3 Компенсация реактивной мощности.....30
4 Выбор числа и мощности трансформаторов.....31
5 Расчет и выбор пусковой аппаратуры.....32
6 Расчет и выбор защитной аппаратуры.....39
7 Расчет и выбор питающих сетей до 1000 В.....41
8 Расчет защитного заземления.....46
9 Мероприятия по охране труда.....49
Заключение.....51
Список использованных источников.....52

Введение

Развитие электроэнергетики обеспечивает высокие темпы и масштабы капитального строительства, реконструкции и технического перевооружения построенных многоэтажных домов.

Это связано с непрерывным ростом объёмов электромонтажных работ.

Рост энергетики и объёма производства электроэнергии увеличивает её расход на бытовые электроприборы и силовое электрооборудование жилых домов.

С каждым годом расширяется номенклатура и увеличивается количество электроприёмников, применяемых в быту, что обеспечивает сокращение затрат ручного домашнего труда и повышает комфортность современного жилья. Многие из приборов разработаны с целью уменьшения потребляемой энергии.

На освещение жилых и общественных зданий расходуется огромное количество электроэнергии. Возрастают требования к качеству освещения. Высокое качество и безопасность монтажа, наименьшие затраты труда могут быть обеспечены при условии, если электромонтажные работы производятся при хорошем знании технологии, основ организации и подготовки работ, а также устройство и особенности эксплуатации механизмов, инструментов. Большое значение имеют экономичность источников света и их световая отдача. Для этого используются светодиодные светильники и датчики движения.

Для качественного и бесперебойного снабжения электроэнергией общественных зданий важную роль играют схемы распределения электроэнергии. Электрические схемы общественных зданий делятся на питающие и распределительные. Сети, с помощью которых обеспечивается освещение, могут иметь различные схемы, устройство которых зависит от напряжения сети, уровня электрических нагрузок, требований к надёжности и экономичности электроснабжения, простоты и удобства обслуживания, конструкторских особенностей жилых зданий.

Важнейшим вопросом рационального построения распределительных сетей является установление требуемого уровня надежности электроснабжения потребителей. В зависимости от этих требований определяется объем резервных элементов в системе их питания, что влияет непосредственным образом на все технико-экономические показатели сетей.

Основной целью выпускной квалификационной работы – разработать проект системы электроснабжения многоэтажного административного здания.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

- охарактеризовать проект электроснабжения;
- рассчитать электрические нагрузки здания;
- провести на основании расчётов выбор силовых трансформаторов;
- рассчитать кабельные линии электроснабжения здания;
- провести выбор защитной аппаратуры линий электроснабжения здания.

При работе над проектом использовалась справочно - техническая литература, техническая документация административного здания.

Объектом исследования является административное здание.

Предметом исследования является электрооборудование административного здания.

1 Характеристика административного здания

Объектом исследования является электроснабжение четырёхэтажного офисного здания с общей площадью 3812 м^2.

Для электроснабжения объекта в качестве рабочего источника питания предусмотрена существующая трансформаторная подстанция ТП-2 с силовыми трансформаторами ТГМ-1000 кВА, 10/0,4 кВ, в качестве резервного источника питания предусмотрена существующая трансформаторная подстанция ТП-3746. Согласно ГОСТ [3] основными показателями качества электроэнергии являются:

– нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на выводах электроприемников, должны быть ±5% и ±10 % соответственно от номинального напряжения сети;

– нормально допустимые и предельно допустимые отклонения значения частоты напряжения переменного тока, должны быть ±0,2 Гц и ±0,4 Гц соответственно.

По надежности электроснабжения (согласно ПУЭ) электроприемники здания определяются следующим образом:

– первая категория – электрооборудование систем противопожарной защиты – вентиляторы дымоудаления и подпора, клапаны дымоудаления, системы ПС, аварийное и эвакуационное освещение;

– третья категория – комплекс остальных электроприемников.

Электроснабжение здания осуществляется кабельными линиями 0,4 кВ марки АВБбШв-4х95 проложенным в земле от существующей трансформаторной подстанции ТП-2 и АВБбШв-4х150 проложенным в земле от трансформаторной подстанции ТП-3746 до вводно-распределительного устройства (ВРУ) здание в траншее Т-5. Кабель АВБбШв бронированный, что удовлетворяет условиям прокладки. Питающие и групповые линии выполняются кабелем ВВГнг-LS:

– по основным помещениям в металлических лотках производства DKC и по кабельным конструкциям;

– вертикальные участки (стояки) – кабелем ВВГнг-LS также в металлических трубах.

Питающие линии аварийного освещения и противопожарного оборудования выполняются кабелем ВВГнг-FRLS:

– по основным помещениям в металлических лотках производства DKC и по кабельным конструкциям;

– вертикальные участки в трубах из самозатухающего пластика;

– подвод питания к двигателям вентиляторов выполняется гибким вводом.

Все сети электроустановки выполняются 3-х (~220 В) и 5-ти (~380 В) проводными:

– L - фазный проводник (любого цвета);

– N - нулевой рабочий проводник (голубого цвета);

– PE - нулевой защитный проводник (желто-зеленого цвета).

Разделение проводника PEN на PE и N выполняется на вводных панелях ВРУ. Потребители первой категории запитаны от вводно распределительного устройства с автоматическим вводом резерва (ВРУАВР). Потребители третьей категории запитаны от вводно распределительного устройства. Подключение ВРУ к рабочему источнику электроснабжения, осуществляется существующей кабельной линией 0,4 кВ марки АВБбШв-4х95 проложенной в земле и проектируемой кабельной линией 0,4 кВ марки АВБбШв 4х150 проложенной в земле. Подключение ВРУ-АВР запроектировано от ВРУ кабельной линией 0,4 кВ марки ВВГнг-FRLS-5х10. Для резервирования электроэнергии в ВРУ-АВР установлено АВР. В нормальном режиме питание подается на ввод от ТП-3746. Один из кабелей от ВРУ, находится в «холодном» резерве (резервный ввод). При исчезновении питания на рабочем вводе АВР переключается на резервный.

В качестве источников света приняты:

– светодиодные светильники;

– пожаровзрывозащищенные светильники со светодиодными лампами со степенью защиты IP65.

Выбор типа светильников и освещенности технических помещений произведены в соответствии с назначением помещений. Кабельные линии и электропроводка систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, аварийного освещения на путях эвакуации выполнены кабелем ВВГнг-FRLS.

Указатели со встроенным аккумулятором. Наружное освещение разворотной площадки и автостоянки выполнено светодиодными прожекторами GALAND 150 Вт, установленных на фасаде здания. Также автостоянка освещается существующим светильником уличного освещения. Кабельные линии наружного освещения выполнены кабелем ВВГнг-LS 3х2,5мм^2 в гофре под штукатуркой фасада здания. Расчет освещенности и качественных параметров осветительных установок выполнен в соответствии с нормативными требованиями.

Принятые нормы освещенности помещений: офисные помещения 200 ... 300 лк, переговорные -300 лк, коридоры, раздевалки, санузлы – 50 лк, этажные коридоры и лестничные площадки – 75 лк, электрощитовая в зоне щитов – 200 лк, ИТП-150 лк. Освещенность открытых автостоянок, разворотных площадок – 6 лк, на покрытиях проездов – 4 лк. Напряжение сети освещения 380/220 В; напряжение ламп 220 В. Питание переносных светильников принято через понизительные трансформаторы 220/36 В. Понизительные трансформаторы типа ЯТП-0,25- 220/36 В устанавливаются в помещениях электрощитовой, индивидуальный тепловой пункт (ИТП)

Группа капитальности II.

Характеристика здания.

Фундаменты – из сборных железобетонных и бетонных блоков; стены – из семищелевого кирпича, с облицовкой лицевым кирпичом; перегородки

пеноблок; перекрытия железобетонные; кровля шифер; крыша совмещенная, трёхскатная; полы – паркет.

Имеется центральное отопление, водопровод, канализация, электро-освещение, горячее водоснабжение, радио, телефон.

Окна пластиковые.

В здании на этажах расположены рабочие кабинеты и комнаты для переговоров, имеются комнаты для релаксации, комнаты для приёма пищи.

План первого этажа офисного здания представлен на рис.1.

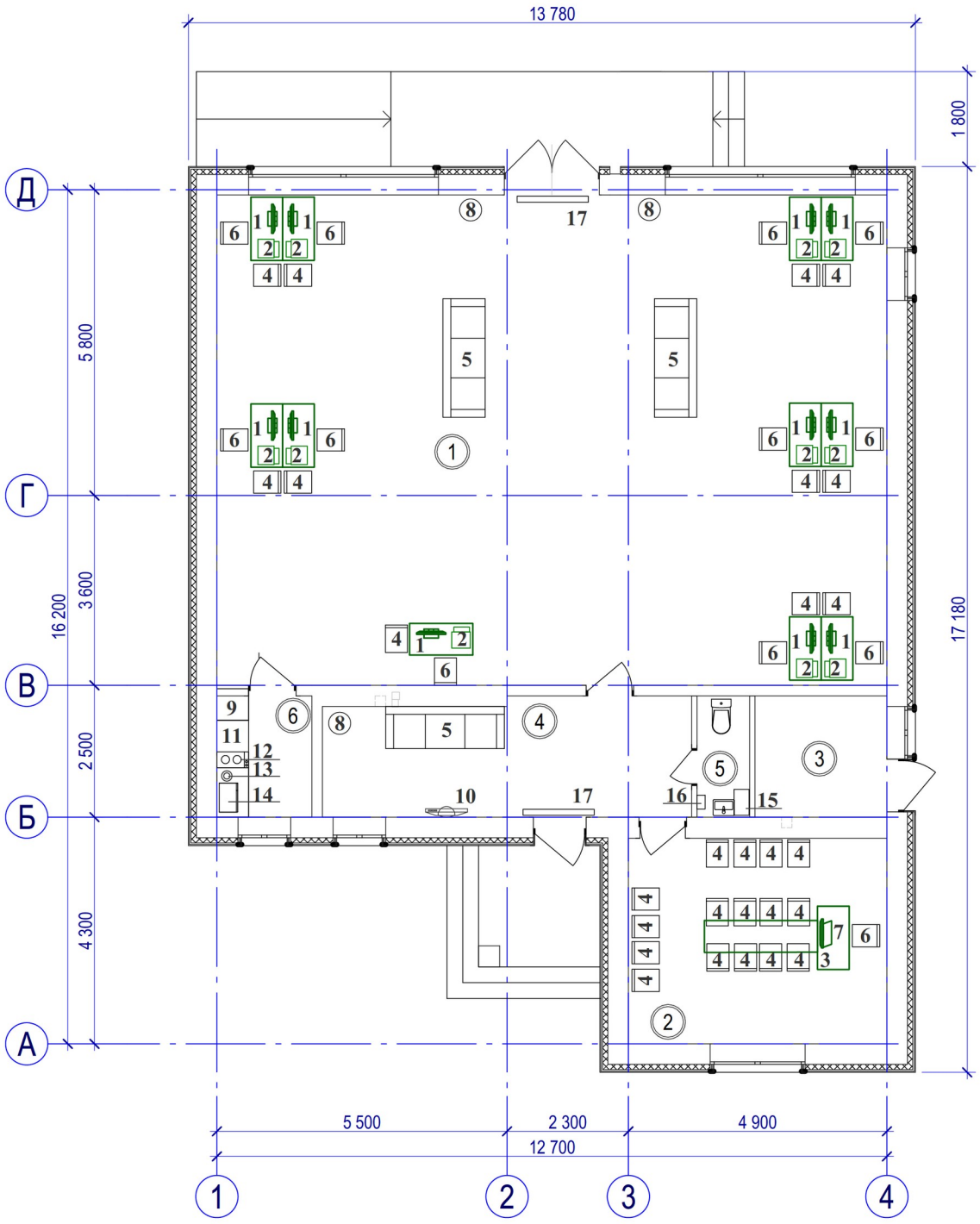

Рис.1- План первого этажа офисного здания

Здание имеет два хода/выхода.

Перечень оборудования в нём приведён в табл.1, перечень помещений в табл.2.

Таблица 1- Перечень оборудования и мебели

Позиция	Наименование	Характеристика	Мощность, Вт
1	Персональный компьютер	220В	0,5
2	Принтер	220В	0,4

3	Стол	-	-
4	Стул	-	-
5	Диван	-	-
6	Офисное кресло	-	-
7	Ноутбук	220В	0,45
8	Кулер	220В	1
9	Холодильник бытовой	220В	0,3
10	Телевизор	220В	0,2
11	Стол	-	-
12	Эл. плита (на 2 конфорки)	380В	4
13	Чайник	220В	1
14	Микроволновая печь	220В	1,2
15	Водонагреватель	220В	2
16	Рукосушитель эл.	220В	1,6
17	Тепловая завеса	380В	3

Таблица 2 – Экспликация помещений

№ на плане	Наименование помещения	Площадь, $м^2$	Категория помещения
1	Кабинет	116,1	
2	Кабинет	18,8	
3	Электрощитовая	5,6	Д
4	Коридор	15	
5	Санузел	2,2	
6	Комната приёма пищи	4	
	итого	161,7	

Исходя из данных таблицы 1 видим, что всё оборудование рассчитано на напряжение 220 В, единственное при входе в помещение стоит тепловая завеса, которая питается от сети 380 В.

Офисное здание относится к 3 категории питания согласно табл. 6.1, СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

Из всех помещений здания только электрощитовая относится к категории Д. К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Расстановка оборудования и помещений на каждом этаже одинаковая, кроме тепловой завесы.

2 Электроснабжение административного здания

2.1 Расчёт освещённости

При светотехнических расчётах учесть высоту потолков в здании учесть 3,3 м. Подвесные потолки отсутствуют (применять накладное оборудование). Коэффициенты отражения потолок, стена, пол принять соответственно 70%,50%,20%.

Помещение кабинет №1 с размерами:

A=9,4 м; B=12,7 м; H=3,3 м; $h_р$=0,8 м

Расчётная высота от условной рабочей поверхности до выходного отверстия светильника ($h_р$) равно 3,3-0,8=2,5 м.

Расстояние между светильниками принимаем L=5 м.

Расстояние от края светильника до стен -*l*=2,5 м

Количество светильников в ряду:

$$n_{св} = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{9{,}4 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 2 \ \ св.$$

Количество рядов светильников:

$$n_{р1} = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{12{,}7 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 3 \ \ ряда$$

Общее количество светильников в станочном отделении:

$$n_{св} = 2 \cdot 3 = 6 \ \ св.$$

Расстояние между светильниками в ряду:

$$L_{св1} = \frac{A - 2 \cdot l}{n_{св} - 1} = \frac{9{,}4 - 2 \cdot 2.5}{2 - 1} = 4{,}4 \ \ м$$

Расстояние между рядами:

$$L_{р1} = \frac{12{,}7 - 2 \cdot 2.5}{3 - 1} = 3{,}85 \ \ м$$

Определяем показатель помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_р \cdot (A + B)} = \frac{9{,}4 \cdot 12{,}7}{2{,}5 \cdot (9{,}4 + 12{,}7)} = 2{,}16$$

По справочнику с учётом коэффициента отражения и показателя помещения находим коэффициент использования светового потока: [8, с.141]

$\rho_{пот}$=70%, $\rho_{ст}$=50%, $\rho_{п}$=20%,φ=68%.

$$Ф_{л} = \frac{E_{н} \cdot k_{з} \cdot S \cdot z}{n \cdot \varphi} = \frac{400 \cdot 1{,}5 \cdot 119{,}4 \cdot 1}{6 \cdot 0{,}68} = 17559 \ \ лм$$

где $E_н$ = 400 лк – нормативная освещенность кабинета №1;

$k_з$- коэффициент запаса;

S- площадь данного помещения, м^2;

z- коэффициент неравномерности освещения, для светодиодного освещения равен 1,0.

По найденному значению $Ф_л$ подбираем лампу, поток которой должен отличаться не более, чем на -10% - +20% [8, с.143].

Принимаем светильники светодиодные Domino LED 2x80 D90 4000 K, имеющие следующие технические данные:

- номинальная мощность лампы $Р_н$=155 Вт,

- световой поток $Ф_л$=18000 лм.

Для аварийного освещения применяем 30% от установленных в кабинете светильников, т.е. 2 светильника (6*30/100=1,8)

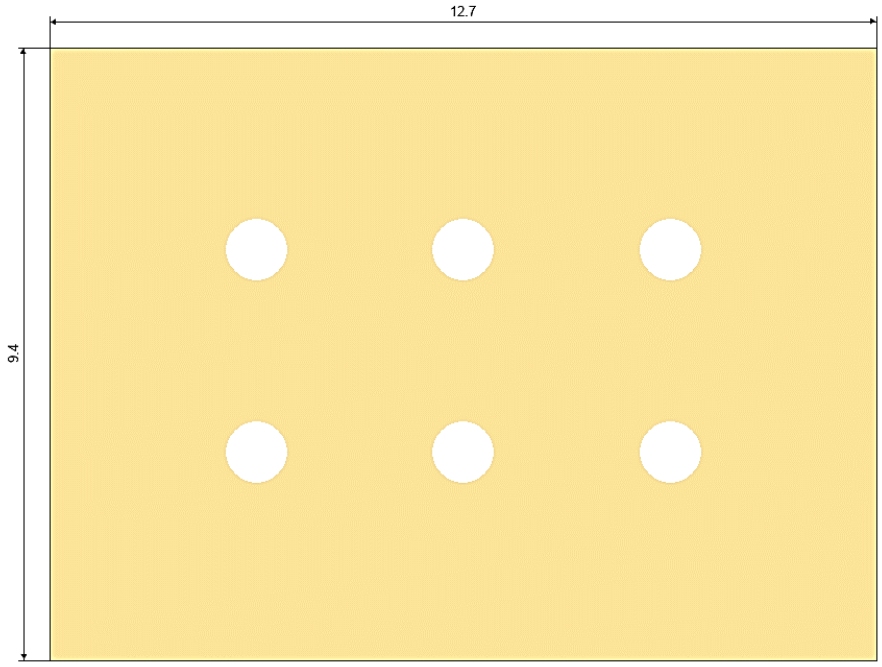

Рис.2- Схема расположения светильников в кабинете №1

Помещение кабинет №2 с размерами:

А=4,9 м; В=4,3 м; Н=3,3 м; $h_р$=0,8 м

Расчётная высота от условной рабочей поверхности до выходного отверстия светильника ($h_р$) равно 3,3-0,8=2,5 м.

Расстояние между светильниками принимаем L=5 м.

Расстояние от края светильника до стен -*l*=2,5 м

Количество светильников в ряду:

$$n_{св} = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{4{,}9 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \ \ св.$$

Количество рядов светильников:

$$n_{р1} = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{4{,}3 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \;\; ряд$$

Общее количество светильников в станочном отделении:

$$n_{св} = 1 \cdot 1 = 1 \;\; св.$$

Определяем показатель помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_р \cdot (A + B)} = \frac{4{,}9 \cdot 4{,}3}{2{,}5 \cdot (4{,}9 + 4{,}3)} = 0{,}9$$

По справочнику с учётом коэффициента отражения и показателя помещения находим коэффициент использования светового потока: [8, с.141]

$\rho_{пот}$=70%, $\rho_{ст}$=50%, $\rho_{п}$=20%,φ=54%.

$$Ф_{л} = \frac{E_{н} \cdot k_{з} \cdot S \cdot z}{n \cdot \varphi} = \frac{300 \cdot 1{,}5 \cdot 21{,}07 \cdot 1}{1 \cdot 0{,}54} = 17558 \;\; лм$$

где $E_н$ = 300 лк – нормативная освещенность кабинета №2;

$k_з$- коэффициент запаса;

S- площадь данного помещения, м^2;

z- коэффициент неравномерности освещения, для светодиодного освещения равен 1,0.

По найденному значению $Ф_л$ подбираем лампу, поток которой должен отличаться не более, чем на -10% - +20% [8, с.143].

Принимаем светильник светодиодный Domino LED 2x80 D90 4000 K, имеющие следующие технические данные:

- номинальная мощность лампы $P_н$=155 Вт,

- световой поток $Ф_л$=18000 лм.

Помещение коридор с размерами:

А=4,5 м; В=2,5 м; Н=3,3 м; $h_р$=0 м

Расчётная высота от условной рабочей поверхности до выходного отверстия светильника ($h_р$) равно 3,3 м.

Расстояние между светильниками принимаем L=5 м.

Расстояние от края светильника до стен -*l*=2,5 м

Количество светильников в ряду:

$$n_{св} = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{4{,}5 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \;\; св.$$

Количество рядов светильников:

$$n_{р1}=\frac{B-2\cdot l}{L}+1=\frac{2,5-2\cdot 2.5}{5}+1\approx 1 \;\; ряд$$

Общее количество светильников в станочном отделении:

$$n_{св}=1\cdot 1=1 \;\; св.$$

Определяем показатель помещения:

$$i=\frac{A\cdot B}{h_р\cdot(A+B)}=\frac{4,5\cdot 2,5}{3,3\cdot(2,5+4,5)}=0,49$$

По справочнику с учётом коэффициента отражения и показателя помещения находим коэффициент использования светового потока: [8, с.141]

$\rho_{пот}$=70%, $\rho_{ст}$=50%, $\rho_{п}$=20%,φ=41%.

$$Ф_{л}=\frac{E_{н}\cdot k_{з}\cdot S\cdot z}{n\cdot\varphi}=\frac{100\cdot 1,5\cdot 11,25\cdot 1}{1\cdot 0,41}=4116 \;\; лм$$

где $E_н$ = 100 лк – нормативная освещенность коридора;

$k_з$- коэффициент запаса;

S- площадь данного помещения, м^2;

z- коэффициент неравномерности освещения, для светодиодного освещения равен 1,0.

По найденному значению $Ф_л$ подбираем лампу, поток которой должен отличаться не более, чем на -10% - +20% [8, с.143].

Принимаем светильник светодиодный PPL 595/U 48Вт 6500K IP40 4200 лм

Помещение санузел с размерами:

А=2,5 м; В=1,1 м; Н=3,3 м; $h_р$=0 м

Расчётная высота от условной рабочей поверхности до выходного отверстия светильника ($h_р$) равно 3,3 м.

Расстояние между светильниками принимаем L=5 м.

Расстояние от края светильника до стен -*l*=2,5 м

Количество светильников в ряду:

$$n_{св}=\frac{A-2\cdot l}{L}+1=\frac{2,5-2\cdot 2.5}{5}+1\approx 1 \;\; св.$$

Количество рядов светильников:

$$n_{р1} = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{1{,}1 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \;\; ряд$$

Общее количество светильников в станочном отделении:

$$n_{св} = 1 \cdot 1 = 1 \;\; св.$$

Определяем показатель помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_р \cdot (A + B)} = \frac{2{,}5 \cdot 1{,}1}{3{,}3 \cdot (2{,}5 + 1{,}1)} = 0{,}23$$

По справочнику с учётом коэффициента отражения и показателя помещения находим коэффициент использования светового потока: [8, с.141]

$\rho_{пот}$=70%, $\rho_{ст}$=50%, $\rho_{п}$=20%,φ=41%.

$$Ф_{л} = \frac{E_{н} \cdot k_{з} \cdot S \cdot z}{n \cdot \varphi} = \frac{100 \cdot 1{,}5 \cdot 2{,}75 \cdot 1}{1 \cdot 0{,}41} = 1006 \;\; лм$$

где $E_н$ = 100 лк – нормативная освещенность санузла;

$k_з$- коэффициент запаса;

S- площадь данного помещения, м^2;

z- коэффициент неравномерности освещения, для светодиодного освещения равен 1,0.

По найденному значению $Ф_л$ подбираем лампу, поток которой должен отличаться не более, чем на -10% - +20% [8, с.143].

Светильник светодиодный ДВО встраиваемый LED даунлайт 15Вт PPL-R 6500К 1000Лм IP40 белый d190мм ультратонкий.

Помещение электрощитовой с размерами:

А=2,5 м; В=2,24 м; Н=3,3 м; $h_р$=0 м

Расчётная высота от условной рабочей поверхности до выходного отверстия светильника ($h_р$) равно 3,3 м.

Расстояние между светильниками принимаем L=5 м.

Расстояние от края светильника до стен -*l*=2,5 м

Количество светильников в ряду:

$$n_{св} = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{2{,}5 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \;\; св.$$

Количество рядов светильников:

$$n_{р1} = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{2{,}24 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \;\; ряд$$

Общее количество светильников в станочном отделении:

$$n_{св} = 1 \cdot 1 = 1 \ \ св.$$

Определяем показатель помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)} = \frac{2{,}5 \cdot 2{,}24}{3{,}3 \cdot (2{,}5 + 2{,}24)} = 0{,}36$$

По справочнику с учётом коэффициента отражения и показателя помещения находим коэффициент использования светового потока: [8, с.141]

$\rho_{пот}$=70%, $\rho_{ст}$=50%, $\rho_{п}$=20%,φ=41%.

$$Ф_{л} = \frac{E_{н} \cdot k_{з} \cdot S \cdot z}{n \cdot \varphi} = \frac{75 \cdot 1{,}5 \cdot 5{,}6 \cdot 1}{1 \cdot 0{,}41} = 1537 \ \ лм$$

где $E_н$ = 75 лк – нормативная освещенность электрощитовой;

$k_з$- коэффициент запаса;

S- площадь данного помещения, м^2;

z- коэффициент неравномерности освещения, для светодиодного освещения равен 1,0.

По найденному значению $Ф_л$ подбираем лампу, поток которой должен отличаться не более, чем на -10% - +20% [8, с.143].

Светильник светодиодный SPP-3-20-6K-M 600x60 20Вт 1600лм 6500K IP65.

Помещение для приёма пищи № 6 с размерами:

A=2,2 м; B=2,5 м; H=3,3 м; $h_р$=0 м

Расчётная высота от условной рабочей поверхности до выходного отверстия светильника ($h_р$) равно 3,3 м.

Расстояние между светильниками принимаем L=5 м.

Расстояние от края светильника до стен -*l*=2,5 м

Количество светильников в ряду:

$$n_{св} = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{2{,}2 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \ \ св.$$

Количество рядов светильников:

$$n_{р1} = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{2{,}5 - 2 \cdot 2.5}{5} + 1 \approx 1 \ \ ряд$$

Общее количество светильников в станочном отделении:

$$n_{св} = 1 \cdot 1 = 1 \ \ св.$$

Определяем показатель помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)} = \frac{2{,}5 \cdot 2{,}2}{3{,}3 \cdot (2{,}5 + 2{,}2)} = 0{,}35$$

По справочнику с учётом коэффициента отражения и показателя помещения находим коэффициент использования светового потока: [8, с.141]

$\rho_{пот}$=70%, $\rho_{ст}$=50%, $\rho_{п}$=20%,φ=41%.

$$Ф_л = \frac{E_н \cdot k_з \cdot S \cdot z}{n \cdot \varphi} = \frac{200 \cdot 1{,}5 \cdot 5{,}5 \cdot 1}{1 \cdot 0{,}41} = 4024 \ \ лм$$

где $E_н$ = 200 лк – нормативная освещенность помещения для приёма пищи;

$k_з$- коэффициент запаса;

S- площадь данного помещения, м^2;

z- коэффициент неравномерности освещения, для светодиодного освещения равен 1,0.

По найденному значению $Ф_л$ подбираем лампу, поток которой должен отличаться не более, чем на -10% - +20% [8, с.143].

Принимаем светильник светодиодный PPL 595/U 48Вт 6500K IP40 4200 лм

Щит освещения устанавливаем в коридоре №4 перед входом в кабинет №1.

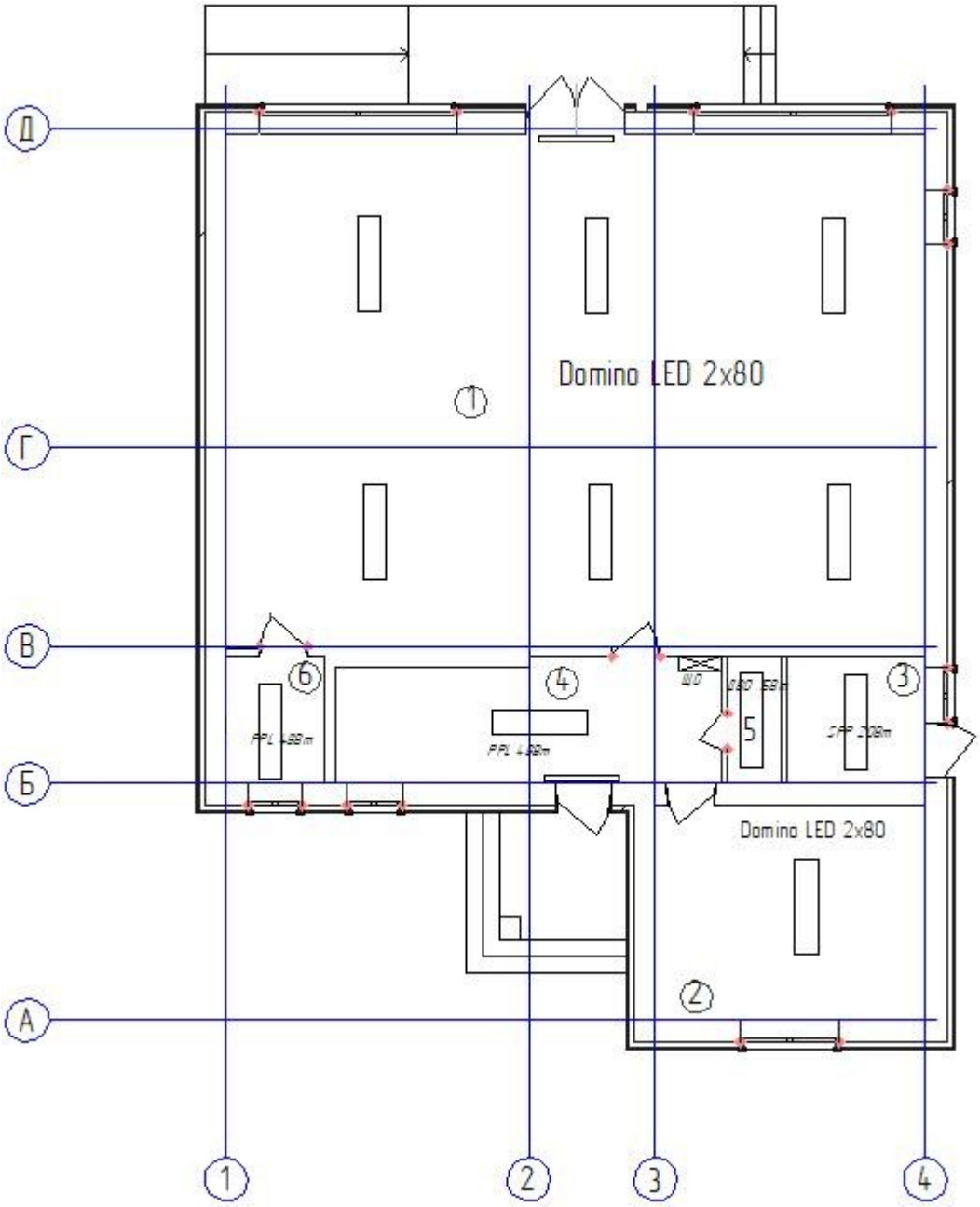

Рис.3- Схема расположения светильников

Таким образом, сводим расчёт в таблицу 3.

Таблица 3- Светотехнический расчёт

№ на плане	Наименование помещения	Марка светильника	Кол-во	Мощность, Вт
1	Кабинет	Domino LED 2x80	6	155x6=930
2	Кабинет	Domino LED 2x80	1	155

3	Электрощитовая	SPP 3-20-6K-M	1	20
4	Коридор	PPL 595/U	1	48
5	Санузел	ДВО LED	1	15
6	Комната приёма пищи	PPL 595/U	1	48
	итого			1216

Таким образом, мощность освещения 1 этажа 1216 Вт или 1,22 кВт.

2.2 Расчёт электрической нагрузки административного здания

На основе таблицы 1 выбираем оборудование офисного здания.

Таблица 4 – Оборудование силовое

Позиция	Номер варианта		3
	Наименование	Характеристика	Мощность, Вт
1	Персональный компьютер	220В	0,5
2	Принтер	220В	0,4
7	Ноутбук	220В	0,45
8	Кулер	220В	1
9	Холодильник бытовой	220В	0,3
10	Телевизор	220В	0,2
12	Эл. плита (на 2 конфорки)	380В	4
13	Чайник	220В	1
14	Микроволновая печь	220В	1,2
15	Водонагреватель	220В	2
16	Рукосушитель эл.	220В	1,6
17	Тепловая завеса	380В	3

Установка розеток:

- в обычных помещениях розетки устанавливаются на высоте 20-30 см от пола (в редких случаях до 40 см);
- в помещении приёма пищи на кухнях розетки следует устанавливать с учетом высоты кухонной мебели.

Рекомендованная высота установки выключателей при этом составляет 90 см от уровня пола. Такое размещение делает незаметными элементы электрической цепи в общем интерьере помещения. Удобство использования также является преимуществом расположения выключателей. Расстояние от края двери до выключателя должно составлять не менее 10 см.

Питание кухонных электроприборов (чайник, тостер, микроволновка и т.д.). Блок розеток выводится на уровень 20 см от столешницы.

От розеток и выключателей до горизонтальных участков проводки провода прокладывают по вертикали. Вблизи дверей и окон провода должны быть расположены параллельно краю проема и находиться на расстоянии 0,2 м от него. Провода к потолочному светильнику прокладывают по потолку. Линия их прокладки должна быть перпендикулярна линии пересечения плоскостей стен и потолка и направлена в сторону двери, где находиться выключатель этого светильника.

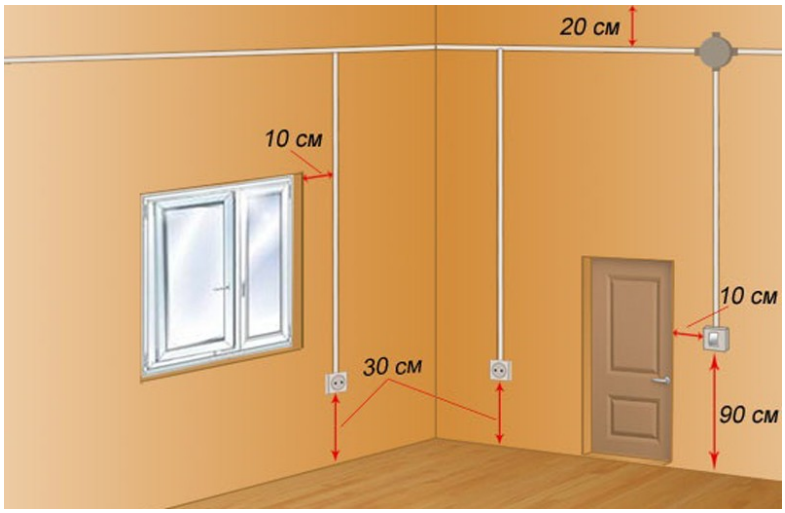

Рис. 4- Схема размещения розеток, выключателей, прокладка проводки и установка распределительной коробки

Исходя из плана офисного здания принимаем следующее электроснабжение.

Тепловые завесы, установленные на двух входах в здание, на напряжение 380 В. Они имеют независимое питание непосредственно от электрощитовой. При этом в самой электрощитовой вводной щит разделен на две составляющие. Одна часть предназначена для электроснабжения непосредственно компьютерной техники, вторая часть – это тепловые завесы, оборудование помещения для приёма пищи.

Ко второй части подключается и небольшой щит ЩРЗ, который снабжает электроэнергией потребителей санузла: рукосушитель электрический подключается напрямую и водонагреватель подключается через розетку, при этом розетка должна иметь заземление.

Отдельная линия проложена для электроснабжения электрической плиты в помещении для приёма пищи, так как она рассчитана на напряжение 380 В. Рядом с плитой устанавливается розетка на 380 В.

От ЩР2 осуществляется электроснабжение розеток для оборудования кухни и телевизора, кроме этого, кулер также запитывается от этого электрического щита, рядом с кулером располагается розетка, для его подключения.

На входе в кабинет №1 стоит тепловая завеса и два кулера, по одному с каждой стороны.

Таким образом, прокладываем две линии одну на тепловую завесу, другая линия снабжает электроэнергией оба кулера. При этом кулеры подключаются через розетки, а тепловая завеса напрямую от приходящего кабеля.

Щит распределения ЩР1 осуществляет снабжение электроэнергией компьютерную технику кабинета №1. Из схемы видно, что используется розеточное подключение. Но розетки установлены непосредственно на рабочих столах.

Выбираем коэффициенты спроса k_c, cosφ, tgφ [2] и заполняем таблицу 1, столбцы 5, 6, 7.

В расчётах будем пользоваться методом номинальной мощности и коэффициента спроса. Метод определения расчетных нагрузок по номинально мощности и коэффициенту спроса применяется, как правило, для группы электроприемников (ЭП), работающих в длительном режиме (ПВ=1). Данный метод наиболее прост и широко применяется при разработке технического задания на проектирование. Для определения расчетных нагрузок по этому методу необходимо знать номинальную мощность группы приемников (производства, цеха и т.п.), коэффициент спроса данной группы электроприемников (ЭП) и значение коэффициента мощности данной группы.

Групповые графики нагрузок подразделений предприятия, как правило, не приводятся, поэтому значения $k_{c.a.}$ и cosφ принимаются как средневзвешенные значения группы электроприемников (ЭП) данного подразделения по справочной литературе.

Расчетные нагрузки электроприемников (ЭП), по данному методу определяются по следующим выражениям:

– активная расчетная мощность:

$$P_p = k_{са} \cdot P_н \quad (1)$$

где $k_{са}$ – средневзвешенное значение коэффициента спроса группы ЭП подразделения предприятия, о.е.;

$P_н$ – номинальная мощность ЭП, кВт;

$P_р$ – расчетное значение активной мощности узла нагрузки (цеха и т.п.), кВт.

– расчетная реактивная мощность:

$$Q_p = tg\varphi \cdot P_p \quad (2)$$

где $Q_р$ – расчетное значение реактивной мощности узла нагрузки (цеха и т.п.), кВАр;

tgφ – значение коэффициента реактивной мощности, соответствующего средневзвешенному значению cosφ группы ЭП данного подразделения;

– полная расчетная мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (3)$$

где $S_р$ – полная расчетная мощность группы ЭП данного подразделения, кВ·А;

– расчетное значение тока:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_н} \quad (4)$$

где $I_р$ – расчетный ток, А;

$U_н$ – напряжение питания узла нагрузки, кВ

Согласно формулам (1), (2), (3), (4) производим расчёты для каждого электроприёмника в щитках и данные занесём соответственно в таблицу 1 в столбцы 9, 10, 11, 12.

Расчет силового щитка ЩС1, для группы 1 - розетки комнаты отдыха:

$$P_p = 0{,}8 \cdot 1{,}5 = 1{,}2 \ \ кВт$$

$$Q_p = 0{,}2 \cdot 1{,}2 = 0{,}24 \ \ кВАр$$

$$S_p = \sqrt{1,2^2 + 0,24^2} = 1,22 \ \ кВА$$

$$I_p = \frac{1,22}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3,2 \ \ А$$

Остальные расчёты производятся аналогичным способом и заносим данные в таблицу 1.

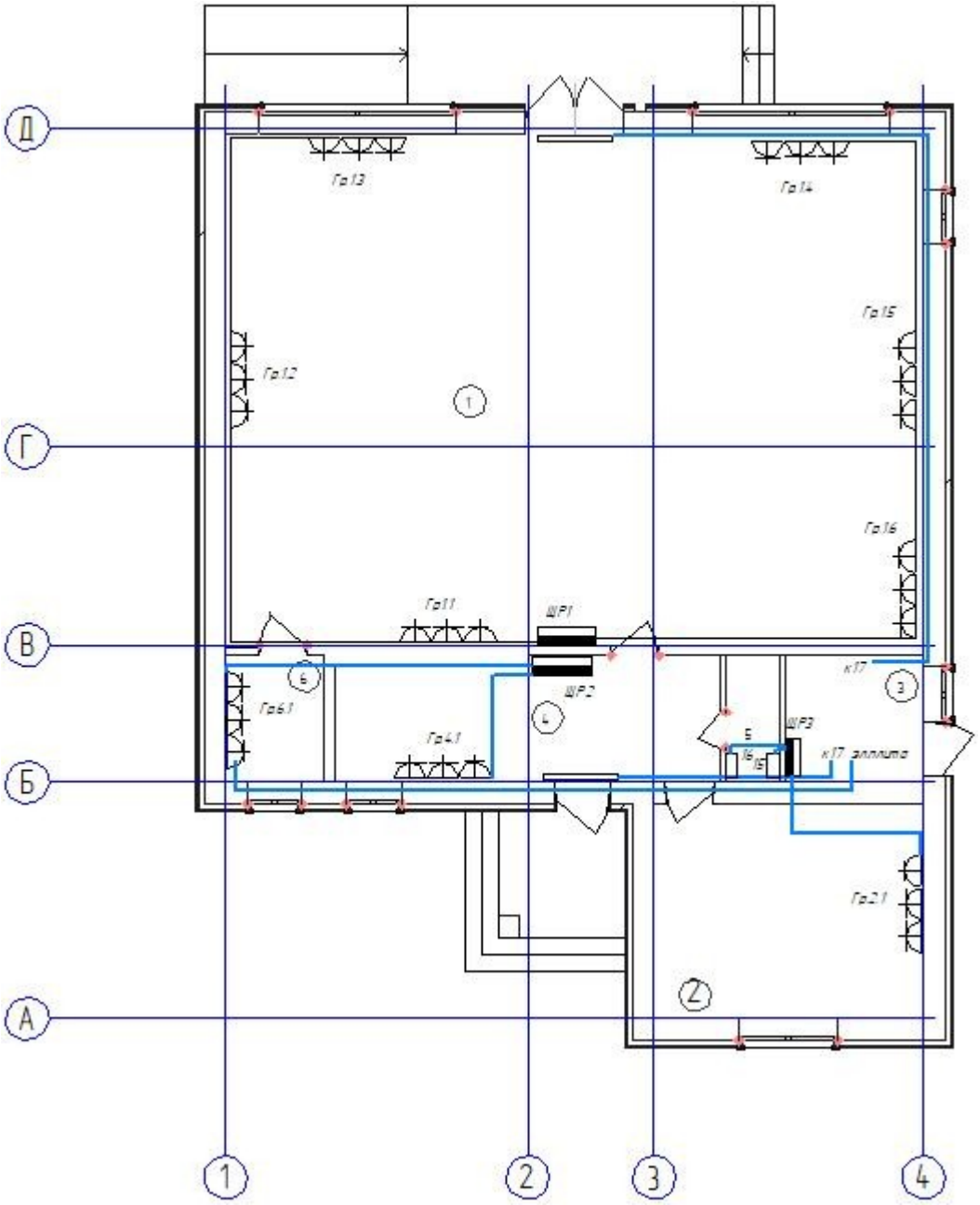

Рис.5- Схема размещения электрооборудования и щитов распределения

Таблица 5-Расчёт электрических нагрузок и освещения офиса

Наименование РУ и электроприёмников	Расчётная удельная нагрузка одной розетки, кВт	Установленная мощность $P_н$ кВт	количество, n	$P_{нΣ}$, кВт	Коэффициенты				Расчётная мощность			Расчётный ток, $I_р$, А
					Кс	cosφ	tgφ	КоэффициентКм несовпадение максимума нагрузок	Активная $P_р$, кВт	Реактивная $Q_р$, кВар	Полная $S_р$, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ВУ ВВОД 1												
ПВ1		43,10			0,70	0,85	0,62		30,17	18,71	35,50	53,94
ЩО1												
Группа1: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Группа2: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Г руппа3: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Группа4: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Группа5: рабочее освещение		2,00			0,80	0,95	0,33		1,60	0,53	1,68	4,42
Группа6: рабочее освещение		2,00			0,80	0,95	0,33		1,60	0,53	1,68	4,42
Группа7: розеточная сеть		1,00			0,80	0,98	0,20		0,80	0,16	0,82	2,14
Группа8: К4 (резерв)		2,33			0,89	0,85	0,62		2,07	1,29	2,44	6,40
Группа9: К3.1 (рабочий)		0,08			0,89	0,85	0,62		0,07	0,04	0,08	0,22
Группа10: К4.1 (резерв)		0,08			0,89	0,85	0,62		0,07	0,04	0,08	0,22
Всего по ЩСВ		**36,65**			**0,89**	**0,85**	**0,62**		**32,62**	**20,22**	**38,38**	**58,31**

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЩО2												
Группа1: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Группа2: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Г руппа3: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Группа4: рабочее освещение		1,50			0,80	0,95	0,33		1,20	0,40	1,26	3,32
Группа5: рабочее освещение		2,00			0,80	0,95	0,33		1,60	0,53	1,68	4,42
Группа6: рабочее освещение		2,00			0,80	0,95	0,33		1,60	0,53	1,68	4,42
Г руппа7: розеточная сеть		1,00			0,80	0,98	0,20		0,80	0,16	0,82	2,14
Г руппа8: розеточная сеть		1,00			0,80	0,98	0,20		0,80	0,16	0,82	2,14
Всего по ЩО2		12,00			0,80	0,96	0,30		9,60	2,86	10,02	15,22
ЩСК2												
Группа1: компьютерная сеть - 3 шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа2: компьютерная сеть - 3 шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа3: компьютерная сеть - 3 шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа4: компьютерная сеть - 3шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа5: компьютерная сеть - 3шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа6: компьютерная сеть - 3шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа7: компьютерная сеть - 3шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Г руппа8: компьютерная сеть - 2шт		1,00			0,50	0,96	0,29		0,50	0,15	0,52	1,37
Группа9: компьютерная сеть - 2шт		1,00			0,50	0,96	0,29		0,50	0,15	0,52	1,37
Группа10: компьютерная сеть - 3шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа11: компьютерная сеть - 2шт		1,00			0,50	0,96	0,29		0,50	0,15	0,52	1,37
Всего по ЩСК2		15,00			0,50	0,96	0,29		7,50	2,18	7,81	11,86

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЩС2												
Группа1: розетки комнаты отдыха		1,50			0,80	0,98	0,20		1,20	0,24	1,22	3,21
Группа2: розетки уборочных механизмов		1,70			0,80	0,98	0,20		1,36	0,27	1,39	3,64
Г руппа3: пост охраны		0,30			0,80	0,98	0,20		0,24	0,05	0,24	0,64
Группа4: МФУ - 2шт		1,50			0,80	0,98	0,20		1,20	0,24	1,22	3,21
Всего по ЩС2		5,00			0,50	0,96	0,29		2,50	0,73	2,60	3,95
Итого на ВВОДЕ2		68,65				0,90	0,49		52,22	25,59	58,15	88,35
Итого на ВВОДЕ1 и ВВОДЕ2 рабочий									114,07	54,49	127,04	193,02
ВУ АВР												
Группа6: компьютерная сеть - 3 шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа7: компьютерная сеть - 3 шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Г руппа8: компьютерная сеть - 2шт		1,00			0,50	0,96	0,29		0,50	0,15	0,52	1,37
Группа9: компьютерная сеть - 2шт		1,00			0,50	0,96	0,29		0,50	0,15	0,52	1,37
Группа10: компьютерная сеть - 3 шт		1,50			0,50	0,96	0,29		0,75	0,22	0,78	2,05
Группа11: компьютерная сеть - 2шт		1,00			0,50	0,96	0,29		0,50	0,15	0,52	1,37
Всего по ЩСК2		15,00			0,50	0,96	0,29		7,50	2,18	7,81	11,86
ЩС2												
Группа1: розетки комнаты отдыха		1,50			0,80	0,98	0,20		1,20	0,24	1,22	3,21
Группа2: розетки санузлов		1,70			0,80	0,98	0,20		1,36	0,27	1,39	3,64
Группа3: пост охраны		0,30			0,80	0,98	0,20		0,24	0,05	0,24	0,64
Группа4: МФУ - 2шт		1,50			0,80	0,98	0,20		1,20	0,24	1,22	3,21
Всего по ЩС2		5,00			0,50	0,96	0,29		2,50	0,73	2,60	3,95
Итого на ВВОДЕ2		68,65				0,90	0,49		52,22	25,59	58,15	88,35

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПР8503												
ЩАО												
Группа1: освещение: офисы 1этажа		0,60			1,00	0,96	0,29		0,60	0,17	0,62	1,64
Группа2: освещение: коридоры, лестницы, аварийные указатели		0,30			1,00	0,96	0,29		0,30	0,09	0,31	0,82
Группа3: освещение: офисы 2 этаж		0,60			1,00	0,96	0,29		0,60	0,17	0,62	1,64
Всего по ЩАО		1,50			1,00	0,96	0,29		1,50	0,44	1,56	2,37
ПС		0,50			1,00	0,85	0,62		0,50	0,31	0,59	0,89
ИБП		8,00			1,00	0,90	0,48		8,00	3,84	8,87	13,48
ВД1						0,85			5,00	3,05	5,86	8,90
ПД1						0,85			3,00	1,91	3,55	5,40
Огнезадерживающие клапана						0,85			0,02	0,53	0,53	0,80
Всего по ПР8503						0,87			19,52	10,50	22,52	35,95
Итого									133,58	65,00	149,56	228,97

3 Компенсация реактивной мощности

Согласно СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа

7.3.1 Для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной мощности, как правило, не требуется.

В случае несоответствия синусоидальной формы напряжения сети требованиям ГОСТ 32144 в части высших гармоник по причине значительного значения мощности гармонических искажений потребителя, следует принимать меры по приведению показателей качества электроэнергии до указанных в ГОСТ 32144.

7.3.2 Для местных и центральных тепловых пунктов, насосных, котельных и других потребителей, предназначенных для обслуживания жилых и общественных зданий, расположенных в микрорайонах (школы, детские ясли-сады, предприятия торговли и общественного питания и другие потребители), компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется, если в нормальном режиме работы расчетная мощность компенсирующего устройства на каждом рабочем вводе не превышает 50 квар.

Это соответствует суммарной расчетной нагрузке указанных потребителей 250 кВт.

Таким образом, компенсация реактивной мощности для данного здания не требуется.

4 Выбор числа и мощности трансформаторов

Определяются расчетная мощность трансформатора с учетом потерь:

$$\Delta P_m = 0{,}02 \cdot S_{max} = 0{,}02 \cdot 149{,}56 = 3 \ \ кВт$$

$$\Delta Q_m = 0{,}1 \cdot S_{max} = 0{,}1 \cdot 149{,}56 = 14{,}96 \ \ квар$$

$$S_m = \sqrt{(133{,}58 + 3)^2 + (65 + 14{,}96)^2} = 158{,}3 \ \ кВА$$

Определяется расчетная мощность трансформатора с учетом потерь

$$S_m = 160 \ \ кВА \geq S_p = 0{,}75 \cdot S_{max} = 0{,}75 \cdot 158{,}3 = 118{,}7 \ \ кВА$$

По [5] принимаем КТП 160-10/0,4 одним трансформатором ТМ 160 кВА

$$k_з = \frac{S_{нн}}{S_m} = \frac{158{,}3}{160} = 0{,}99$$

5 Расчет и выбор пусковой аппаратуры

После этого нам необходимо выбрать аппараты защиты для всех электроприёмниках в щитах и вводные автоматы для них.

Расчёты будем вести на основании В.П. Шеховцов «Расчет и проектирование схем электроснабжения» [6].

Для выбора аппарата защиты нужно знать ток в линии, где он установлен, тип его и число фаз.

Токи в линии определяются сразу после трансформатора по формуле:

$$I_m = \frac{S_m}{U_{нт} \cdot \sqrt{3}}$$

где: $I_т$ – токи в линии, А;

$S_т$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$U_{н.т}$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

Принимается $U_{н.т}$= 0,4 кВ.

$$I_{ру} = \frac{S_{мру}}{U_{нру} \cdot \sqrt{3}}$$

где: $S_{м.РУ}$ – максимальная расчетная мощность РУ , кВ·А;

$U_{н.РУ}$ – номинальное напряжение РУ, кВ.

Принимается $U_{н.РУ}$= 0,38 кВ

Вычисляем ток в линии к электродвигателю переменного тока

$$I_д = \frac{P_д}{U_{нд} \cdot \eta_д \cdot cos\varphi_д \cdot \sqrt{3}}$$

где $I_д$ – ток в линии к электродвигателю переменного тока, А;

$P_д$ – мощность ЭД переменного тока, кВт;

$U_{нд}$– номинальное напряжение ЭД, кВ;

$\eta_д$ – КПД ЭД, отн. ед.

Если ЭД повторно-кратковременного режима, то

$$P_д = P_{дп} \cdot \sqrt{ПВ}$$

Вычисляем ток в линии к сварочному трансформатору:

$$I_{св} = \frac{S_{св} \cdot \sqrt{ПВ}}{U_н \cdot \sqrt{3}}$$

где $I_{св}$ – ток в линии к сварочному трансформатору, А;

$S_{св}$ – полная мощность сварочного 3-фазного трансформатора, кВА;

ПВ – продолжительность включения, отн. ед.

В сетях напряжения менее 1 кВ в качестве аппаратов защиты могут применяться автоматические выключатели (автоматы), предохранители и тепловые реле.

Автоматы выбираются согласно условиям:

$I_{на} \geq I_{нр}; I_{нр} \geq I_{дл}$ – для линии без ЭД

$U_{на} \geq U_{с}; I_{нр} \geq 1{,}1 \cdot I_{м}$ – для линии с одним ЭД

$I_{нр} \geq 1{,}25\, I_{дл}$ – для линии с несколькими ЭД

где $I_{н.а}$ – номинальный ток автомата, А;

$I_{н.р}$ – номинальный ток расцепителя, А;

$I_{д.л}$ – длительный ток в линии, А;

$I_{м}$ – максимальный ток в линии, А;

$U_{н.а}$ – номинальное напряжение автомата, В;

$U_{с}$ – напряжение сети, В.

$$k_0 = \frac{I_0}{I_{нр}}$$

$I_0 \geq I_{дл}$ – для линии без ЭД

$I_0 \geq 1{,}2 \cdot I_{п}$ – для линии с одним ЭД

$I_0 \geq 1{,}2\, I_{пик}$ – для линии с несколькими ЭД

где k_0 – кратность отсечки;

I_0 – ток отсечки, А;

$I_{п}$ — пусковой ток, А

$$I_{п} = k_{п} \cdot I_{нд}$$

где $k_{п}$ – кратность пускового тока;

$I_{н.д}$ – номинальный ток, А;

$I_{пик}$ – пиковый ток, А.

Принимается: $k_{п}$ = 6,5...7,5 – для асинхронного двигателя (АД); $k_{п}$ = 2...3 – для синхронного двигателя (СД) и машины постоянного тока (МПТ).

$$I_{п} = I_{п.нб.} + I_{м} - I_{н.нб}$$

где $I_{п.нб}$ – пусковой ток наибольшего по мощности ЭД, А;

$I_{н.нб}$ – номинальный ток наибольшего в группе ЭД, А;

$I_м$ – максимальный ток на группу, А.

Зная тип, $I_{н.а}$ и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные в таблицу 2.

Для примера рассчитаем электроприёмник в группе без электродвигателя и с ним, группу электроприёмников, а также рассчитаем плавкие вставки в вводно-распределительном устройстве ВРУ1-11-10 вводные автоматы в вводно-распределительном устройстве ВРУ1-17-70.

Для группы 1 - компьютерная сеть (3шт)

Исходные данные: $P_н$ = 1,5 кВт; $k_с$ = 0,5; cosφ = 0,96; tgφ = 0,29; $P_р$ = 0,75 кВт; $Q_р$ = 0,22 кВАр; $S_р$ = 0,78 кВА; $I_р$ = 2,05 А.

Так как в нашей линии нет асинхронного двигателя АСД, то условия для выбора автомата

$I_{на} \geq I_{нр}; I_{нр} \geq I_{дл}$ – для линии без ЭД

$$I_{дл} = I_р = 2{,}05 \ \ A$$

Так как по номиналу ближайший автомат на 6 А, а в розеточных сетях установочные изделия смонтированы группами на 16 А, то целесообразнее поставить аппарат защиты на 20 А. То есть получаем $I_{д.л.}$ = 20 А, для розеточных и осветительных сетей стоит использовать автоматы с характеристикой С так как они наиболее подходят для этих типов нагрузок.

Таблица 6- Выбор автоматических выключателей

Наименование РУ и электроприёмников	Тип аппарата	Напряжение, В	Номинальный ток аппарата, А	Номинальный расчётный ток аппарата, А	Ток уставки, А	Ток уставки к.з., А	Ток отключающий, кА
1	2	3	4	5	6	7	8
ВУ ВВОД 1							
ПВ1	**ВА47-100-3**	**380**	**100**	**63**	1,45	6	6
ЩО1							
Группа1: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа2: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа3: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа4: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа5: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа6: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа7: розеточная сеть	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа8: розеточная сеть	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Всего по ЩО1	**ВА47-29-3**	**380**	63	**16**	1,45	6	4,5
ЩС1							
Группа1: розетки комнаты отдыха	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Группа2: розетки уборочных механизмов	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Группа3: пост охраны	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Группа4: МФУ - 2шт	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Г руппа5: У1 - двигатель вентилятора	ВА47-29-3	380	63	**20**	1,45	6	4,5
Всего по ЩС1	**ВА47-29-3**	**380**	**63**	**20**	1,45	6	4,5
ЩСК1							
Группа1: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Группа2: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Группа3: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5
Группа4: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	**6**	1,45	6	4,5

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
Группа5: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа6: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа7: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Г руппа8: компьютерная сеть - 2шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа9: компьютерная сеть - 2шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа10: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа11: компьютерная сеть - 2шт	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Всего по ЩСК1	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5
ЩС-ИТП							
Группа1: насос Wilo	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа2: насос Wilo	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа3: водонагреватель	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Всего по ЩС-ИТП	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5
Наружное освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Итого на ВВОДЕ 1	ВА88-33	380	160	125	10	17,5	35
ВУ ВВОД2							
ЩСВ							
Группа 1: В2-В8	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 2: К1	ВА47-29-3	380	63	25	1,45	6	4,5
Группа 3: К1.1 - К1.10	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 4: К2	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5
Группа 5: К2	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5
Группа 6: К2.1 - К2.12	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 7: К3 (рабочий)	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 8: К4 (резерв)	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 9: К3.1 (рабочий)	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа10: К4.1 (резерв)	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Всего по ЩСВ	ВА47-100-3	380	100	80	1,45	6	6

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
ЩО2							
Группа1: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 2: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 3: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 4: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 5: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 6: рабочее освещение	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа 7: розеточная сеть	ВА47-29-1	220	63	16	1,45	6	4,5
Группа 8: розеточная сеть	ВА47-29-1	220	63	16	1,45	6	4,5
Всего по ЩО2	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5
ЩСК2							
Группа 1: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 2: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 3: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 4: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 5: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 6: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 7: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 8: компьютерная сеть - 2шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 9: компьютерная сеть - 2шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 10: компьютерная сеть - 3 шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Группа 11: компьютерная сеть - 2шт	ВА47-29-1	220	63	20	1,45	6	4,5
Всего по ЩСК2	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5
ЩС2							
Группа 1: розетки комнаты отдыха	ВА47-29-1	220	63	25	1,45	6	4,5
Группа 2: розетки уборочных механизмов	ВА47-29-1	220	63	25	1,45	6	4,5
Группа 3: пост охраны	ВА47-29-1	220	63	25	1,45	6	4,5
Группа 4: МФУ - 2шт	ВА47-29-1	220	63	25	1,45	6	4,5
Всего по ЩС2	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5
Итого на ВВОДЕ2	ВА88-32	380	125	100	10	12,5	25

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
Итого на ВВОДЕ1 и ВВОДЕ2 рабочий режим							
ВУ АВР							
ПР8503							
ЩАО							
Группа1: освещение: офисы 1этажа	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа2: освещение: коридоры, лест аварийные указатели	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Группа3: освещение: офисы 2 этаж	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Всего по ЩАО	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5
ПС	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5
ИБП	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5
ВД1	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5
ПД1	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5
Огнезадерживающие клапана	ВА47-29-1	220	63	6	1,45	6	4,5
Всего по ПР8503	ВА47-29-3	380	63	40	1,45	6	4,5
Всего по ЭУ щитовой ТП №2	ВА88-35	380	250	200	5	25	35
Всего по ЭУ щитовой ТП №3746	ВА88-35	380	250	200	5	25	35

6 Расчет и выбор защитной аппаратуры

Выбираем аппарат защиты и кабель для линии силового щита ЩС1

Выбираем для группы 5 - электродвигатель вентилятора У1.

Токи в линии к электродвигателю переменного тока определяются по формуле:

$$I_д = \frac{9}{0{,}38 \cdot 0{,}965 \cdot 0{,}875 \cdot \sqrt{3}} = 18 \ \ A$$

Исходя из условия выбора автомата для линии с одним ЭД принимаем:

$U_{на} = 0{,}38 \ \ кВ \geq U_с = 0{,}38 \ \ кВ; I_{нр} = 20 \ A \geq 1{,}1 \cdot 18 = 19{,}8 \ \ A$

Найдем кратность отсечки:

$$k_0 = \frac{I_0}{I_{нр}}$$

$I_0 \geq 1{,}2 \cdot I_п$ – для линии с одним ЭД

$$I_п = k_п \cdot I_{нд}$$

Принимаем $k_п = 6{,}5$, тогда

$$I_п = 6{,}5 \cdot 18 = 117 \ \ A$$

$$I_0 \geq 1{,}2 \cdot 117 = 140{,}4 \ \ A$$

$$k_0 = \frac{140{,}4}{20} = 7{,}02$$

Принимаем $k_0 = 7$

Выберем тепловое реле и коммутационное оборудование для данного электродвигателя из условия:

$$I_{тр} = 1{,}25 \cdot 18 = 22{,}5 \ \ A$$

Выбираем в каталоге ИЭК необходимое оборудование.

Тепловое реле РТИ 1322 $17 \ \ A \leq I_{тр} \leq 25 \ \ A$

Магнитный пускатель КМИ 22510 25 А 380 В.

Все найденные данные заносим соответственно в таблицу 2.

Выберем аппарат защиты для группы электроприёмников ЩО2

$P_р$=8,0 кВт; $I_Р$=15,22 А; cosφ=0,96.

Все расчёты сводятся к тому, что в щитке ставим выключатель нагрузки, а шкафу ВРУ1-11-10 автоматический выключатель.

Соответственно выбранный выключатель нагрузки должен выдерживать максимальный ток щитка и исходя из условий селективности должен быть больше тока аппарата защиты, стоящего на распределении в щитке. Таким образом выбираем выключатель нагрузки ВН-32 32 А.

Аппарат защиты в ВРУ1-11-10 выберем в соответствии условия:

$$I_{н.р.} \geq 1{,}25I_{м}$$

где $I_{м}$ - максимальный ток сборки, А;

$I_{н.р.}$ = 32А так как должны соблюдаться условия селективности.

$$I_{н.р.} \geq 1{,}25I_{м} = 1{,}25 \cdot 15{,}22 = 19А$$

Выбираем автоматический выключатель ВА47-29-3 $I_{н.р.}$= 32 А и заносим в сводную ведомость автоматов.

Рубильники предназначены для неавтоматического включения и отключения цепей переменного и постоянного тока напряжением до 660 В.

Они изготавливаются преимущественно на номинальные токи 25, 100, 250, 400, 630 и 1000 А.

Наиболее распространены рубильники серий: Р, РБ, РПБ и РПЦ. Буквы обозначают: Р – рубильник, РБ – рубильник с боковой рукояткой; РПБ – рубильник с приводом боковым рычажным; РПЦ – рубильник с приводом центральным рычажным.

Рубильники с открытыми ножами (без дугогасительных камер) называют разъединителями. Они обычно предназначены для создания видимого разрыва цепи. Разъединители новой серии РЕ19, рассчитанные на ток 1000 А и выше [14].

Рубильники по току должны соответствовать общей суммарной мощности всей электроустановки, которая составляет $P_{р}$=114,07 кВт и $I_{р}$=193А, так как

если один из кабелей выйдет из строя вся нагрузка будет идти через один рубильник.

По характеристикам рубильник ПЦ-2 250А 380 В без предохранителей.

7 Расчет и выбор питающих сетей до 1000 В

Проводники для линий ЭСН выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям:

$$I_{доп} \geq k_{зщ} \cdot I_{у(п)}$$

для линий защищённой автоматом с комбинированным расцепителем

где $k_{зщ} = 1{,}25$ – нормальное не опасное помещение;

$$I_{у(п)} = I_{н.р.} = 20 \text{ А}$$

$$I_{доп} \geq 1{,}2 \cdot 20 = 25 \ \ A$$

Согласно ПУЭ по табл. 1.3.6 [16] выбираем сечение кабеля ВВГнг LS 5х2,5 $I_{доп}$ = 30А, условие соблюдается кабель подходит.

Проводники для линий вентилятора выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям:

$$I_{доп} \geq 1 \cdot 20 = 20 \ \ A$$

Согласно ПУЭ [16] выбираем сечение кабеля ВВГнг 3х1,5 $I_{доп}$ = 23 А, условие соблюдается кабель подходит.

Сечение и тип кабеля выберем из условия соответствия нормам падения напряжения на линии согласно ГОСТ 32144-2013 [3] (не более ±5 мм^2 на выводах электроприёмника и ±10 мм^2 соответственно от номинального напряжения). Расстояние от щитка до ВРУ 10м.

Сечение кабеля из условия подключения к аппарату защиты ВН-32 на 32А ВВГнг LS 5х4 $I_{доп}$=40 А.

Падение напряжения будем считать по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot I_p \cdot L}{U_{ном}} \cdot \left(R_0 \cdot cos\varphi + X_0 \cdot sin\varphi \right)$$

где ΔU – падение напряжение, %;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, В;

$I_р$ – расчётный ток, А;

L – длина линии, км;

R_0 – удельное сопротивление жил кабеля, Ом/км;

cosφ – коэффициент мощности.

В данной формуле индуктивной составляющей кабелей можно пренебречь так как их сечение маленькое.

Для начала найдем удельное сопротивление жил кабеля

$$R_0 = \frac{1000}{\gamma \cdot F_{сеч}}$$

где γ – это удельная проводимость токоведущих жил у меди она равна 57 м/Ом·мм^2 – табличное значение;

$F_{сеч}$ - сечение жилы рассчитываемого кабеля, мм^2.

Подставив, получим формулу и решим:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot I_p \cdot L}{U_{ном}} \cdot \frac{1000}{\gamma \cdot F_{сеч}} \cdot cos\varphi$$

$$\Delta U = \frac{1{,}73 \cdot 100 \cdot 40 \cdot 0{,}01}{380} \cdot \frac{1000}{57 \cdot 4} \cdot 0{,}96 = 0{,}77\,\%$$

Условия выбора кабеля соблюдаются.

Все остальные расчёты от силовых щитков до вводно-распределительного устройства ВРУ1-11-10 рассчитываются аналогичным способом и заносятся в таблицу 3.

Расчёт падения напряжения на вводных кабелях будет произведён из расчёта рабочего режима.

В нашем случае до ТП-2 L=200 м, до ТП-3746 L=400 м.

Расчет напряжения в первой линии трансформаторной подстанции ТП-2 кабель марки АВБбШв 4х95 L=200 м

$$\Delta U = \frac{1{,}73 \cdot 100 \cdot 104{,}7 \cdot 0{,}2}{380} \cdot \frac{1000}{32 \cdot 95} \cdot 0{,}91 = 3{,}2\,\%$$

Расчет напряжения во второй линии трансформаторной подстанции ТП-3746 кабель марки АВБбШв 4х150 L=400 м

$$\Delta U = \frac{1{,}73 \cdot 100 \cdot 88{,}35 \cdot 0{,}4}{380} \cdot \frac{1000}{32 \cdot 150} \cdot 0{,}9 = 3{,}0\,\%$$

Таблица 7- Выбор марки и типа кабеля

	длина кабе-	ΔU		Сече-
1	2	3	4	5
ВУ ВВОД 1				
ПВ1	**25**	**0,37**	**ВВГнг 4х25**	**25**
ЩО1				
Группа1: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа2: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Г руппа3: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа4: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа5: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа6: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Г руппа7: розеточная сеть			ВВГнг 3х2,5	
Г руппа8: розеточная сеть			ВВГнг 3х2,5	
Всего по ЩО1	**5**	**0,15**	**ВВГ нг 5х4**	**4**
ЩС1				
Группа1: розетки комнаты отдыха			ВВГнг 3х2,5	
Группа2: розетки уборочных механизмов			ВВГнг 3х2,5	
Г руппа3: пост охраны			ВВГнг 3х2,5	
Группа4: МФУ - 2шт			ВВГнг 3х2,5	
Г руппа5: У1 - двигатель вентилятора			ВВГнг 4х2,5	
Всего по ЩС1	**5**	**0,17**	**ВВГ нг 5х4**	**4**
ЩСК1				
Группа1: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа2: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа3: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа4: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа5: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа6: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа7: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	
Г руппа8: компьютерная сеть - 2шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа9: компьютерная сеть - 2шт			ВВГнг 3х2,5	
Группа10: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг 3х2,5	

Группа11: компьютерная сеть - 2шт			ВВГнг 3х2,5	
Всего по ЩСК1	**5**	**0,11**	**ВВГ нг 5х4**	**4**

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
ЩС-ИТП				
Группа1: насос Wilo			ВВГнг 3х1,5	
Группа2: насос Wilo			ВВГнг 3х1,5	
Г руппа3: водонагреватель			ВВГнг3х2,5	
Всего по ЩС-ИТП	**25**	**0,22**	**ВВГ нг 5х4**	**4**
Наружное освещение	**35**	**0,15**	**ВВГнг 3х2,5**	**2,5**
Итого на ВВОДЕ 1	**4**	**0,09**	**ВВГнг 5х35**	**35**
ВУ ВВОД2				
ЩСВ				
Группа1: В2-В8			ВВГнг 3х1,5	
Группа2: К1			ВВГнг 5х4	
Группа3: К1.1 - К1.10			ВВГнг 3х1,5	
Группа4: К2			ВВГнг 5х4	
Группа5: К2			ВВГнг 5х6	
Группа6: К2.1 - К2.12			ВВГнг 3х1,5	
Г руппа7: К3 (рабочий)			ВВГнг 3х1,5	
Группа8: К4 (резерв)			ВВГнг 3х1,5	
Группа9: К3.1 (рабочий)			ВВГнг 3х1,5	
Группа10: К4.1 (резерв)			ВВГнг 3х1,5	
Всего по ЩСВ	**15**	**0,24**	**ВВГнг 5х25**	**25**
ЩО2				
Группа1: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа2: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Г руппа3: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа4: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа5: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	

Группа6: рабочее освещение			ВВГнг 3х1,5	
Группа7: розеточная сеть			ВВГнг3х2,5	
Группа8: розеточная сеть			ВВГнг3х2,5	
Всего по ЩО2	10	0,29	ВВГ нг5х4	4

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
ЩСК2				
Группа1: компьютерная сеть - 3шт			ВВГнг3х2,5	
Группа2: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Группа3: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Группа4: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Группа5: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Группа6: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Группа7: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Г руппа8: компьютерная сеть - 2шт			ВВГнг3х2,5	
Группа9: компьютерная сеть - 2шт			ВВГнг3х2,5	
Группа10: компьютерная сеть - 3 шт			ВВГнг3х2,5	
Группа11: компьютерная сеть - 2шт			ВВГнг3х2,5	
Всего по ЩСК2	**10**	**0,23**	**ВВГ нг5х4**	**4**
ЩС2				
Группа1: розетки комнаты отдыха			ВВГнг3х2,5	
Группа2: розетки уборочных механизмов			ВВГнг3х2,5	
Группа3: пост охраны			ВВГнг3х2,5	
Группа4: МФУ - 2шт			ВВГнг3х2,5	
Всего по ЩС2	10	0,08	ВВГ нг5х4	4
Итого на ВВОДЕ2	4	0,07	ВВГ нг5х35	35
Группа1: освещение: офисы 1этажа			ВВГнг3х1,5	
Группа2: освещение: коридоры, лестницы, аварийные указатели			ВВГнг3х1,5	
Группа3: освещение: офисы 2 этаж			ВВГнг3х1,5	

Всего по ЩАО	5	0,02	ВВГнг FRLS 5х4	4
ПС	15	0,04	ВВГнг FRLS 3х2,5	2,5
ИБП	10	0,24	ВВГнг FRLS 5х4	4
ВД1	20	0,30	ВВГнг FRLS 5х4	4
ПД1	20	0,18	ВВГнг FRLS 5х4	4
Огнезадерживающие клапана	25	0,16	ВВГнг FRLS 3х1,5	1,5
Всего по ПР8503	4	0,10	ВВГнг FRLS 5х10	10
Всего по ЭУ щитовой ТП №2	200	2,85	АВБбШв 4х95	95
Всего по ЭУ щитовой ТП №3746	400	1,69	АВБбШв 4х150	150

8 Расчет защитного заземления

Заземляющее устройство необходимо для присоединения к нему всех проводящих частей электрооборудования, в нормальном режиме не находящихся под напряжением, с целью защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током. Поскольку электроустановки напряжением до и выше 1000 В территориально размещены в одном здании, то выполняем общее защитное заземление.

Основой для расчета заземляющего устройства являются: удельное сопротивление грунта в районе подстанции $\rho_{гр}$ и сопротивление заземляющего устройства Rз, которое зависит от рабочего напряжения электроустановки и режима ее нейтрали.

В строительном отношении подстанция является встроенной в здание цеха, поэтому заземлители в виде вертикальных прутковых электродов расположим вдоль стены здания. Грунт в месте сооружения - глина с удельным сопротивлением $\rho_{гр}$ = 60 Ом ·м.

Сопротивление заземляющего устройства электроустановок напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью не должно превышать 10 Ом, поэтому принимаем Rз = 10 Ом.

Сопротивление заземляющего устройства для сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью не должно быть более 4 Ом.

Соответственно принимаем наименьшее сопротивление заземляющего устройства при общем заземлении Rз < 4 Ом.

Принимаем заземлитель из горизонтальных и вертикальных электродов.

Горизонтальный заземлитель выполняется из стали крупной диаметром 12 мм, проложенной в траншее, на глубине 0,7м от планированной отметки земли по периметру здания.

Длина горизонтального заземлителя 175 м.

Вертикальные электроды выполняются из круглой стали диаметром 16 мм, длиной 3 м каждый, количество электродов 35 шт, расположенные они по периметру здания.

Расстояние между электродами 5 м.

К внешнему заземлителю присоединяем внутренние магистрали заземления, выполненные полосовой сталью 40 х 4 мм и проложенные по стенам помещений на высоте 0,5 м от пола.

В проекте предполагается:

- заземление всего электрооборудования и электроконструкций;

- защита от статического электричества;

- защита от вторичных проявлений молнии;

- мероприятия по выравниванию потенциалов;

- защита от заноса высоких потенциалов по наземным и подземным коммуникациям.

Определяем сопротивление заземлителей:

$$R_0 = \frac{\rho_{экв}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \cdot \left(\frac{2 \cdot L}{d} \right) + 0.5 \cdot \ln \cdot \left(\frac{4 \cdot T + L}{4 \cdot T - L} \right) \right)$$

где $p_{экв}$– среднее удельное сопротивление грунта,– 60 Ом м;

L– длина электрода – 500 см;

d – диаметр электрода – 1,6 см;

T– расстояние от поверхности земли до середины электрода – 320 см

$$R_0 = \frac{6000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 500} \cdot \left(\ln \cdot \left(\frac{2 \cdot 500}{1{,}6} \right) + 0.5 \cdot \ln \cdot \left(\frac{4 \cdot 320 + 500}{4 \cdot 320 - 500} \right) \right) = 13 \ \ Ом$$

Горизонтальный заземлитель:

$$R_n = \frac{\rho_{экв}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \cdot \left(\frac{L^2}{d \cdot t} \right)$$

где L – длина горизонтального заземлителя – 17500 см;

d – диаметр горизонтального заземлителя – 1,2 см;

t – глубина траншеи для укладки горизонтального заземлителя – 70 см

$$R_n = \frac{6000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 17500} \cdot \ln \cdot \left(\frac{17500^2}{1{,}2 \cdot 70} \right) = 0{,}8 \ \ Ом$$

Сопротивление грунта:

$$R_{гр} = \frac{R_n \cdot R_0}{R_n \cdot n_n + n \cdot R_n \cdot n_в}$$

где n – количество электродов – 10 шт;

$n_п$ $n_в$ – коэффициенты использования вертикальных и горизонтальных электродов,$n_п$ = 0,24; $n_в$ = 0,41.

$$R_{гр} = \frac{13 \cdot 0{,}8}{13 \cdot 0{,}24 + 10 \cdot 13 \cdot 0{,}41} = 1{,}65 \ \ Ом$$

1,65 Ом ≤ 4 Ом

Что удовлетворяет нормируемому значению.

Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. Отсоединение заземляющего проводника должно быть, возможно, только при помощи инструмента.

9 Мероприятия по охране труда

Все работы по ремонту действующего электрооборудования следует производить только при снятом напряжении с ремонтируемой электроустановки. В отдельных случаях ПТБ разрешают производство небольших по объему работ по устранению неполадок без снятия напряжения. В электроустановках напряжением до 380 В такие работы разрешаются (за исключением особо опасных помещений) электромонтёру, имеющему III квалификационную группу по технике безопасности, в присутствии второго лица, старшего по должности, имеющего группу IV или V. Работы по ремонту электрооборудования производятся по наряду-допуску, распоряжению или в порядке текущей эксплуатации с записью в оперативном журнале согласно перечню испытаний, согласно перечня работ, выполняемых электротехническим персоналом в порядке текущей эксплуатации, утвержденным главным энергетиком.

Работа по проверке, испытанию и ремонту связанные с подачей напряжения, могут проводиться не менее двумя лицами, одно из которых должно иметь квалификационную группу ни ниже 4 при работе в электроустановках свыше 1000 В и не ниже 3 в электроустановках до 1000 В.

В рукоятках всех отключающих аппаратах, с помощью которых может быть подано напряжение к месту работы, вывешивают предупредительные плакаты «Не включать - работают люди».

Питание временных схем для ремонта, проверок и испытаний электросетей должно выполняться через выключатель, рубильник, автомат закрытого исполнения с защитой и ясным обозначением включённого и отключенного положения.

Во избежание опасности, которая может возникнуть для ремонта персонала или ошибочной подачи напряжения в ремонтируемый участок электросети, все фазы отключённой части заземляют и закорачивают.

Перед тем как наложить заземление на ремонтируемый участок, проверяют отсутствие напряжения.

Если требуется произвести ремонт в действующей электросети, с которой снять напряжение не представляется возможным то работы проводят в диэлектрических перчатках, стоя на резиновых ковриках.

При измерениях с помощью мегомметра проверяемый участок предварительно отключают со всех сторон, откуда на него может быть подано напряжение. Ответственный за ремонтные и испытательные работы отвечает заточное выполнения всех мер безопасности.

Заключение

В первой части проекта:

- была разработана схема распределительной сети;
- выполнен расчет электрических нагрузок;
- произведен выбор числа и мощности силовых трансформаторов в зависимости от категории ЭСН;
- произведён расчёт и выбор распределительных и питающих сетей;
- выполнен выбор силовых распределительных пунктов;
- выполнен выбор и расчет аппаратов защиты;
- выполнен расчёт заземляющего устройства здания.

Также была спроектирована принципиальная схема распределительной сети цеха и разработан план расположения электрооборудования с прокладкой кабельной сети.

Во второй части проекта была рассмотрена техническая эксплуатация и обслуживание электрооборудования механического цеха.

Для этого в работе были решены следующие задачи:

- привели описание технологического процесса и основную характеристику потребителей электроэнергии;
- рассчитали и выбрали пускорегулирующую аппаратуру схем управления двигателями потребителей цеха;
- рассчитали и выбрали систему освещения офиса;
- определили мероприятия по обслуживанию электрооборудования.

В заключительной части проекта рассмотрели мероприятия по техническому обслуживанию оборудования и организации безопасного выполнения работ.

Список использованных источников

1.Правила устройства электроустановок. - Новосибирск: Норматика,2014

2.Титов А.И. Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования: учебник (для СПО).- М.: Академия-Медиа, 2016

3.В.П. Шеховцов Электрическое и электромеханическое оборудование- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017

4.Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017

5.Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016

6.Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов- М.: ФОРУМ, 2019

7.Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. -С.-Пб.: ДЕАН,2020

8.Сибикин Ю.Д. и др. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. -М.: Высшая школа, 2021