

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРВОГО ЭТАЖА
ОФИСНОГО ЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профилю подготовки «Энергетика»
специализации «Управление производством: электроснабжение,
электромеханика и автоматика»

Идентификационный код ВКР: 137

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭТ
_____ А.О. Прокубовская
«_____» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРВОГО ЭТАЖА ОФИСНОГО ЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ

Исполнитель:
студент группы УПЭ-401 _____ И.И. Камолов
подпись

Руководитель:
старший преподаватель кафедры ЭТ _____ И.М. Морозова
подпись

Нормоконтролер:
старший преподаватель кафедры ЭТ _____ Т.В. Лискова
подпись

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 66 страницах, содержит 3 рисунка, 6 таблиц, 31 источников литературы.

Ключевые слова: РАСЧЕТ НАГРУЗОК, РОЗЕТОЧНАЯ СЕТЬ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ОСВЕЩЕНИЕ, ГРУППОВАЯ ЛИНИЯ, ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, КАБЕЛЬ, ЩИТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ, РАСЧЕТ НАГРУЗОК,

Камолов И.И. Проектирование электроснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании: выпускная квалификационная работа / И.И. Камолов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т. Инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 66.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Проектирование электроснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании».

2. Цель работы: разработать схему электроснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании после ремонта, для последующего монтажа электрооборудования, в соответствии с нагрузкой потребителей.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен расчет нагрузок потребителей, рассчитана осветительная сеть, подобрано необходимое оборудование, разработан план сети розеток общего питания, осветительной сети, сети кондиционирования, сети розеток питания для компьютеров первого этажа офисного здания электросетевой компании, разработаны принципиальные электрические схемы распределительных шкафов и разработана схема АВР для шкафа компьютерного (Шк).

4. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании электроснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании АО «ЕЭСК»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	9
1.1 О предприятии.....	9
1.2 Характеристика потребителей, вводимых в эксплуатацию	11
1.3 Описание однолинейной электрической схемы	13
2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	15
2.1 Конструктивное исполнение электрических сетей	15
2.2 Расчет системы электрического светодиодного освещения	16
2.3 Расчет электрических нагрузок.....	20
2.4 Общие принципы выбора проводов и кабелей.....	23
2.5 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей.....	24
2.6 Общие принципы выбора защитной аппаратуры.....	26
2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты	27
2.8 Расчёт токов трёхфазного короткого замыкания	28
2.9 Проверка аппаратов защиты по токам короткого замыкания.....	33
2.10 Расчет заземляющего устройства.....	34
2.11 Разработка схемы автоматического вводного резерва	38
2.12 Экономическая часть.....	40
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А.	56
ПРИЛОЖЕНИЯ Б.	59
ПРИЛОЖЕНИЯ В.	61
ПРИЛОЖЕНИЯ Г.	62
ПРИЛОЖЕНИЯ Д.....	64

ПРИЛОЖЕНИЯ Е	65
ПРИЛОЖЕНИЯ Ж	66

ВВЕДЕНИЕ

Практическое использование электричества человеком началось сравнительно недавно – в конце XIX в., хотя люди были знакомы с электричеством еще давно. Нужно сказать, безграничное применение электрической энергии в корне изменило всю человеческую цивилизацию, и играла исключительно важную роль в жизни каждого человека. Электричество предоставило возможность механизировать и автоматизировать технологические процессы в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве и быту.

Освещение, связь, теле- и радиовещание и другие информационные технологии – это все также электричество. Электричество, хотя мы об этом практически не задумываемся, очень прочно вошло в нашу повседневную жизнь. Многочисленные электроприборы в наших жилых домах приводит в действие электричество, оно же дает нам свет, позволяет пользоваться различными современными электронными устройствами.

Электрические сети являются одним из важнейших элементов энергетической системы, т.е. набор электроустановок которые служат для переноса и разделение электричество, которые состоят из кабельных и воздушных линий электропередачи, токопроводов, трансформаторных подстанций и разделительных устройств, распределенных на точных территориях.

Все электрические сети жилого дома или крупнейшее предприятие, включают в себя электрические сети, которые как раз, так и обеспечивают энергоснабжение. Передачей электроэнергии от источников до потребителей занимаются энергоснабжающие системы. Первоисточники электрической энергии, распределительные устройства и потребители электроэнергии считаются основными элементами системы.

Основные отличия система электроснабжения и электрооборудования жилых домов от общественных зданий это:

- наличие значительной части силового электрооборудование;
- отличительные режимы эксплуатации этих электроприемников;
- ряд требования к освещению помещений.

Как нам известно, для внутренних электрических сетей наибольшее распространение имеет напряжение 380/220В. Отсюда возникает вопрос, почему именно это напряжение? Потому что основным преимуществом этого напряжения является возможность подключение силовых и осветительных электроприемников. Так как на первом этаже офисного здания предусматривается подключение к сети только однофазных приемников с номинальным напряжением 220В и сети освещения, то уровень питающего напряжения принят 380/220В переменного тока нормальной частоты 50 Гц.

В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается проект энергоснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании, в связи с ремонтом помещений здания.

Объектом исследования является первый этаж офисного здания электросетевой компании.

Предметом исследования является электрооборудование первого этажа офисного здания электросетевой компании.

Цель исследования: разработать схему электроснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании после ремонта, для последующего монтажа электрооборудования, в соответствии с нагрузкой потребителей.

Задачи исследования:

- рассчитать осветительную сеть;
- рассчитать нагрузку потребителей;
- подобрать необходимое электрооборудование;
- разработать принципиальные электрические схемы распределительных шкафов;

- разработать план сети розеток общего питания, осветительной сети, сети кондиционирования и сети розеток питания компьютеров первого этажа, офисного здания электросетевой компании;
- разработать схему АВР.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 О предприятии

Рассматриваемый в работе офисный этаж является этажом офисного здания АО «Екатеринбургская Электросетевая Компания». Екатеринбургская Электросетевая Компания «ЕЭСК», занимается передачей электроэнергии и технологическое подключение потребителей на территории города Екатеринбурга.

Компания осуществляют совокупность работ по техническому обслуживанию и оперативному управлению электросетевого энергокомплекса, включая немедленный и плановый ремонт, локализацию и ликвидацию электротехнологических нарушений, модернизацию и реконструкцию объектов распределительной сети, а также строительство новых энергетических объектов – кабельных и воздушных линий, разделительных и трансформаторных пунктов, подстанций 110-220 кВ.

Компания располагается на третьем месте в Российской Федерации по объёму электросетевого хозяйства после сетевых компаний Москвы и Санкт-Петербурга.

АО «ЕЭСК» – является дочернем обществом ОАО «МРСК Урала». Такое решение было принято 24 июня 2016 года на Годовом общем собрании акционеров компании, полномочия единоличного исполнительного органа АО «ЕЭСК» были переданы ОАО «МРСК Урала». Основными целями такого управленческого решения о перемены системы правления АО «ЕЭСК» заключается в том, чтобы увеличить эффективности деятельности всего сетевого комплекса Свердловской области, включая Екатеринбург, интегрировать планы развития предприятий, входящих в состав ОАО «МРСК Урала», а также улучшить управляемости электросетевыми энергообъектами в зоне ответственности электроэнергетических компаний. ОАО «МРСК Урала»

выполняет контроль над исполнением основными функциями компании по предоставлению электроэнергии и технологическому подключению новых энергопотребителей, а также представляет интересы АО «ЕЭСК» при сотрудничестве с юридическими лицами и органами государственной власти.

В состав Екатеринбургской электросетевой компании сегодня входит:

- воздушные линии электропередачи с напряжением от 0,4кВ до 220 кВ общей длиной 2 294 км;
- кабельные линии электропередачи с напряжением от 0,4кВ до 110 кВ общей длиной 4 578 км;
- 2 545 трансформаторных и разделительных пунктов 6-20/0,4 кВ;
- электроподстанции 35-220 кВ, 73 пунктов.

Услуги, которые предоставляет АО «ЕЭСК» своим потребителям это:

- предоставление и распределение электрической электроэнергии;
- подключение к электрическим сетям;
- выполнение испытаний и измерений энергоустановок, и в свою очередь контроль над их надежным использованием;
- сбор, передача и переработка электротехнологических сведений, включая показатели измерений и учета;
- оперативно-технологическое управление и соблюдение режимов энергосбережения и энергопотребления;
- выполнение тех - обслуживания, диагностирование, обслуживание электрических сетей, приборы измерения и учета, электрооборудования релейной защиты и противоаварийной электроавтоматики и других приборов электросетевого учета;
- улучшение электрических сетей, включая планирование, инженерные изыскания, создание и перестройку, монтаж и наладку.

На первом этаже офисного здания Екатеринбургской электросетевой компании находится «Департамент технического присоединения». Потребителями электроэнергии на этом этаже офисного здания являются:

- система противопожарной сигнализации;
- ЭВМ и периферийные установки;
- осветительные электроустановки;
- технологическое и инженерно-техническое оборудование;
- устройство для поддержания оптимальных климатических условий в помещениях (кондиционеры).

Электроприемники первого этажа офисного здания по степени надежности электроснабжения относятся к первым и вторым категориям. Согласно классификации пожароопасных зон по Правилам устройство электроустановок (ПУЭ) помещения офисного здания не относятся к пожароопасным. Так как в помещении, отсутствуют взрывоопасные смеси горючих газов или паров легковоспламеняющей жидкости (ЛВЖ) с воздухом, то соответственно данное помещение не относится к взрывоопасным.

1.2 Характеристика потребителей, вводимых в эксплуатацию

Как нам известно, для внутренних электрических сетей наибольшее распространение имеет напряжение 380/220В. Отсюда возникает вопрос, почему именно это напряжение? Потому что основным преимуществом этого напряжения является возможность подключение силовых и осветительных электроприемников. Так как на первом этаже офисного здания предусматривается подключение к сети только однофазных приемников с номинальным напряжением 220 В и сети освещения, то уровень питающего напряжения принят 380/220В переменного тока нормальной частоты 50 Гц.

В данном проекте рассматривается система розеточной сети общего питания, которые предназначены для питания электробытовой техники: микроволновых печей, кулеров, холодильников, чайников, и в свою очередь для розеточной сети питания компьютеров, которые предназначены только для питания компьютеров, мониторов и системы ОПС. Подключения других

технологических оборудований, а также кондиционеров производиться отдельными линиями.

Данные по мощностям электрооборудования, подключаемого к розеточной сети, приведены в таблице 1. Данные по мощностям компьютерного оборудования представлены в таблице 2. Технологические мощности кондиционеров приведены в таблице 3.

Так же к электрооборудованию первого этажа здания электромагнит дверей – 500 Вт и метеостанция – 20 Вт.

Таблица 1 – Мощности электрооборудования розеточной сети

Место установки	Мощность оборудования, Вт	Число розеток	Место установки	Мощность оборудования, Вт	Число розеток
к.100	600	4	с/у1	1250	2
к.101	600	7	с/у2	1250	2
к.101	800	6	с/у3	1250	2
к.102	800	4	к.107	600	2
к.103	650	5	к.108	1200	8
к.104	700	3	коридор	750	2
к.104	800	4	коридор	750	3
к.105	1360	12	К.Зал	2200	18
к.106	600	4	К.Зал	1000	14

Таблица 2 – Мощности электрооборудования компьютерной сети

Место установки	Мощность оборудования, Вт	Число розеток	Место установки	Мощность оборудования, Вт	Число розеток
к.100	1000	2	к.106	3500	7
к.101	500	1	к.108	5000	10
к.102	500	1	коридор	100	ОПС
к.103	5000	10	коридор	100	ОПС
к.104	3500	7	К.Зал	5500	11
к.105	1500	3			

Таблица 3 – Мощности кондиционеров

Место установки	Мощность, Вт	Место установки	Мощность, Вт	Место установки	Мощность, Вт
к.100	2150	к.104	3150	к.108	3900
к.101	3400	к.105	2900	К.Зал	3150
к.102	2900	к.106	4450	К.Зал	3150
к.103	2150	к.107	3150		

1.3 Описание однолинейной электрической схемы

Электроснабжение первого этажа офисного здания осуществляется от существующей ТП-16. В здании установлено вводно-распределительное устройство (ВРУ), от которого поэтажно осуществляется разводка силовой и осветительной сети.

На подстанции установлены два трансформатора ТМЗ-250-10/0,4 кВ мощностью 250 кВА.

Распределительное устройство 0,4 кВ выполнено двухсекционным. Вводные и секционированный выключатели РУНН установлены на номинальные токи 400 А. От РУНН запитывается ВРУ первого этажа офисного здания.

Электроснабжение первого этажа офисного здания будет осуществляться от распределительных шкафов Шэ (шкаф электрический) и Шк (шкаф компьютерный), которые устанавливаются на первом этаже.

Так как электроприемники, подключенные к шкафу Шк, относятся к первой категории надежности электроснабжения, то электроснабжение данного шкафа Шк осуществляем от щита АВР, установленного рядом с ВРУ на втором этаже управления автоматизации.

Однолинейная электрическая схема приведена на рисунке 1.

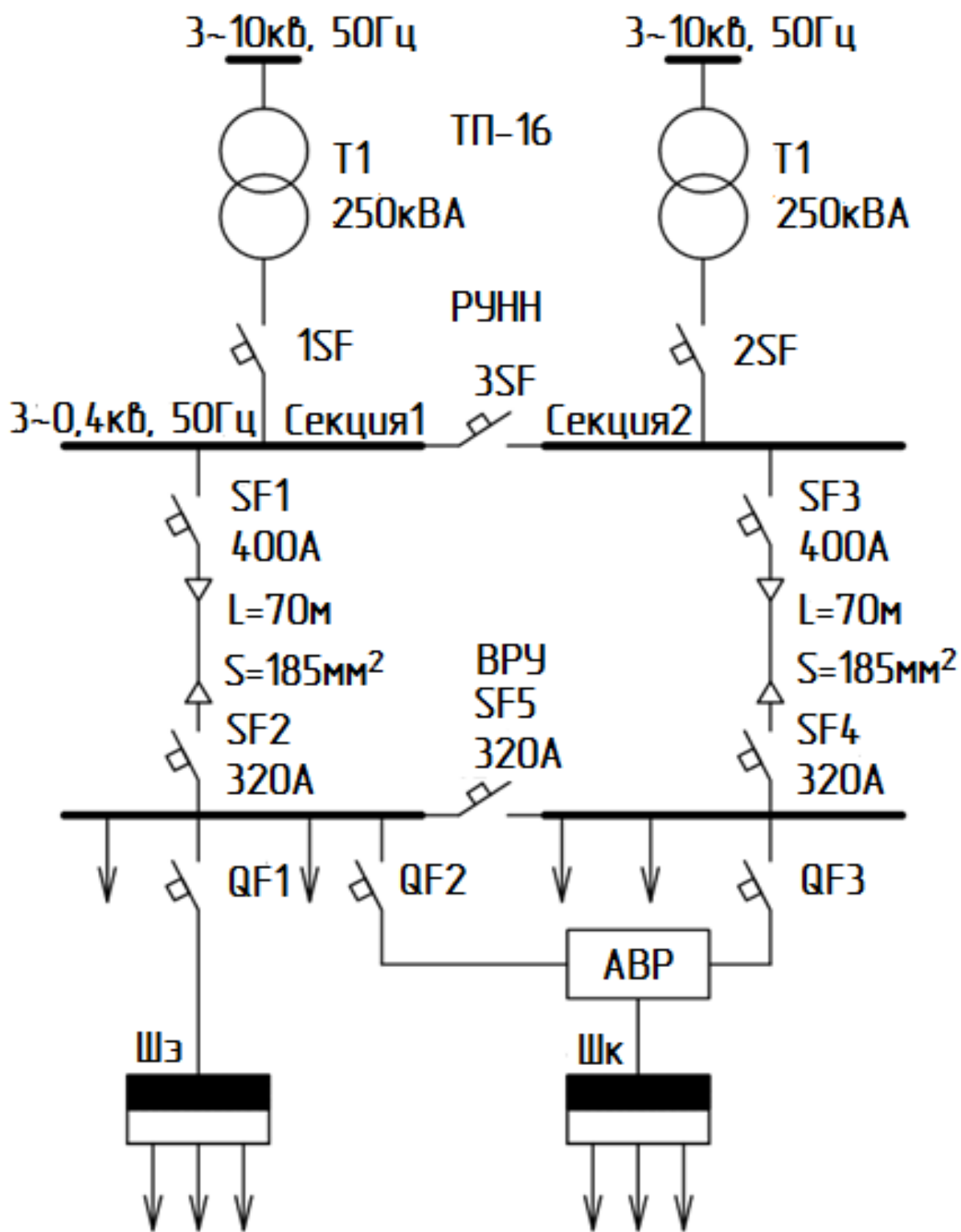


Рисунок 1 – Схема электроснабжения первого этажа офисного здания

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

2.1 Конструктивное исполнение электрических сетей

Чтобы подключить светодиодных светильников общественных, административных зданий к электроэнергии предполагаются групповые линии. Групповая линия - это линия от щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и других стационарных электроприемников.

Групповые линии освещения не исключено что могут быть однофазными двухфазными и трехфазными. Это зависит от их протяженности и числа подключенных светодиодных светильников. А также однофазные групповые линии следует выполнять трехпроводными, и соответственно двухфазные - четырехпроводными и трехфазные - пятипроводными с отдельным N- и РЕ-проводниками. При этом в двухфазных и трехфазных линиях не допускается применять предохранителей и однополюсных автоматических выключателей.

Прокладывание групповой линии нужно, по требованию, выполнять закрытой, установленной в каналах, пустотах строительных конструкций, в ПВХ или железных трубах.

В рамках вышеуказанного для данного проекта были приняты следующие решения:

- превыше всего горизонтальные участки кабелей групповых линии прокладываем за подвесным потолком на лотках, прикрепляемых к стенам с помощью опор и профилей производителя «Компания КМ»;
- остальные горизонтальные участки и вертикальные опуски к электроустановочным изделиям по стенам скрыто под слоем ГК и за подвесным потолком - в гофрированных ПВХ трубах «Компания КМ», прикрепленных к потолку и стенам при помощи пластиковых держателей с защелкой.

В помещениях предусмотрена установка встраиваемых розеток, а также предусмотрены спуски кабеля с потолка и выходы из пола для подключения стационарного электрооборудования. В зоне с/у и у входов/выходов предусмотрена установка встраиваемых розеток со степенью защиты не ниже IP-44. Розеточная сеть дополнительная, защищена от токов утечки установкой УЗО на ток утечки 30мАи 10 мА, а шкаф компьютеров Шк – на ток утечки 300 мА.

2.2 Расчет системы электрического светодиодного освещения

По квалификации освещение в СНиП II-4-79 может быть две системы искусственного освещения: общее и комбинированное. В проекте принята система комбинированного искусственного освещения.

Предусматриваются следующие виды освещения:

- рабочее – освещение, предоставляющее качественное освещение во внутренних помещениях и в местах работ за исключением внутри зданий;
- охранное – освещение в нерабочее время;
- аварийное – это освещение, которое делится на освещение безопасности и эвакуационное освещение;
- дежурное – освещение в нерабочее время.

Для аварийного освещения предусматриваются отдельные светильники, которые выделяются из числа светильников общего назначения и помечаются специальным знаком – А.

Нормируемая освещенность и значения показателя дискомфорта в помещениях здания принята по нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Согласно ведомости отделочных работ стены и потолок выбраны светлых тонов, при которых коэффициенты отражения составляют $\rho_{\text{потолка}}=70\%$; $\rho_{\text{стен}}=50\%$; рабочей поверхности $\rho_{\text{раб}}=30\%$.

В проекте имеются помещения, у которых показатель дискомфорта не регламентируется согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 – это помещения, длина которых не превышает двойной установки светильников над полом.

Выбор минимальной освещенности производим в зависимости от размера объекта, размещения, контраста объекта с фоном и отражающих свойств фона (рабочей поверхности). В помещениях, где установлены компьютеры, нормируемое СанПиНом значение минимальной освещенности составляет 400 Лк для общего освещения и 20 Лк для аварийного освещения (5% от рабочего освещения).

В процессе эксплуатации осветительной установки освещенность снижается из-за загрязнения ламп, уменьшения светового потока источников света в процессе горения и т.д. Поэтому при расчете мощности источника света, которая должна гарантировать нормированное значение освещенности на рабочих местах в течение всего времени эксплуатации осветительной установки, вводится коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности. Для жилых, административных и офисных помещениях коэффициент запаса принимается $K_z = 1,4$ [16].

Определяющее значение при выборе источников света для рабочего освещения имеют вопросы цветопередачи, экономичности, доступность для обслуживания, а также высота помещения и климатические условия. В связи с этим в качестве источника света для рабочего освещения выбираем светодиодные лампы.

К основным положительным качествам осветительных устройств типа led можно отнести:

- продолжительный период эксплуатации (от 50 тыс. вплоть до 100 тыс. часов);
- отсутствие в составе паров ртути и иных токсичных элементов;
- надежность и защищенность применения;
- стойкость к автоматическим вибрациям;

- компактные масштабы;
- безопасность для экологии;
- отсутствие наружной пускорегулирующей техники;
- вероятность эксплуатации в обстоятельствах высокой влажности;
- надежный пуск при невысоких градусах;
- хороший показатель цветопередачи;
- высокая результативность светового потока (в современных стандартах – от 60 до 140 Лм/Вт).

При системе общего освещения светильники можно размещать над рабочей освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализовано. В нашем случае светильники располагаем равномерно.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициент использования), учитывающий световой поток лампы Φ , лм.

Расчет по методу коэффициента использования ведется в следующем порядке: Определяется требуемая нормами освещенность E , лк, для каждого помещения.

Определяется высота подвеса светильника по формуле [16]:

$$H_{\text{п}} = h - (h_{\text{с}} + h_{\text{р}}), \quad (1)$$

где h – высота помещения, м;

$h_{\text{с}}$ – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

$h_{\text{р}}$ – высота расчетной поверхности над полом, м.

Высота помещений первого этажа $h = 3,5$ м.

Для примера расчета возьмем каб.100:

$$H_{\text{п}} = 3,5 - (0 + 1) = 2,5 \text{ м}$$

Определяется индекс помещения по формуле [16]:

$$i_{\text{п}} = \frac{S}{H_{\text{п}} \cdot (a + b)}, \quad (2)$$

где S – площадь помещения, м²;

$H_{\text{п}}$ - расстояние от светильника до рабочей поверхности, м;

a и b - длина, и ширина помещения, м.

$$i_{\text{п}} = \frac{6 \cdot 3,19}{2,5 \cdot (6 + 3,19)} = 0,83$$

В зависимости от кривой силы светильника, индекса помещения $i_{\text{п}}$ и коэффициентов отражения стен, потолка и рабочей поверхности определяется коэффициентом использования η , о.е.:

$$\eta = 0,49.$$

Определяется коэффициент минимальной освещённости, Z [16]:

$$Z = 1,35.$$

Определяется необходимый поток каждого светильника $\Phi_{\text{л}}$, лм, по формуле [16]:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot N}, \quad (3)$$

где E – требуемая нормами освещённость, лк;

S – освещаемая площадь, м²;

K_3 – коэффициент запаса;

Z – коэффициент характеризующий неравномерность освещения;

η – коэффициент использования, %;

N – количество светильников, шт.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{400 \cdot 1,4 \cdot 6 \cdot 3,2 \cdot 1,35}{0,62 \cdot 8} = 3700 \text{ лм.}$$

Выбираем мощность лампы так, чтобы световой поток выбранной лампы был равен расчетному или незначительно отличался ($\pm 10\%$) от него. Таким образом, выбираем светодиодные светильники российского производителя «Световые технологии» типа DR. OPL ECO LED 595 4000K SET со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 3380$ лм, мощностью $P_{\text{л}} = 33$ Вт. Особенностью светильника является рассеиватель, выступающий из потолка на 3,5 см, что дает отраженный от потолка свет и увеличивает в помещении цилиндрическую

освещенность. Даже в сочетании с обычными подвесными потолками светильники DR.OPL ECO LED создают максимально комфортную световую среду.

Таким же способом рассчитывается количество светильников для всех остальных помещений и необходимые данные результата расчета сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчета светильников

Наименование помещения	S , м ²	E , лк	Тип светильника	n , шт	$P_{л}$, Вт
к.100	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.101	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.102	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.103	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.104	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.105	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.106	19,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	8	33
к.107	33,2	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	9	33
к.108	16,5	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	6	33
К.Зал	32	400	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	14	33
с/у1	3,4	75	С 360/118 HF	2	18
с/у2	3,9	75	С 360/118 HF	3	18
с/у3	3,9	75	С 360/118 HF	3	18
коридор	149,5	150	DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	22	33

2.3 Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок производим на основании технического данных по электроприемникам первого этажа офисного здания (таблицы 1-3) и расчета нагрузок осветительной сети (таблица 4). Для этого составляется

сводная ведомость нагрузок (приложения А) по объекту проектирования с учетом коэффициентов спроса K_c и мощности $\cos\varphi$ и $\operatorname{tg}\varphi$.

Под *коэффициентом спроса* по нагрузке понимается отношение расчетной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприемников:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y}, \quad (4)$$

где P_p - расчетная электрическая нагрузка, кВт (30-мин максимум);

P_y - установленная мощность электроприемников, кВт.

Расчетная активная мощность (кВт) электроприемников определяется по формуле:

$$P_p = K_c \cdot P_y. \quad (5)$$

Расчетная реактивная мощность (квар) электроприемников определяется по формуле:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (6)$$

Полная мощность (кВА) электроприемник j определяется по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (7)$$

Расчетный ток однофазных электроприемников определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{U_\phi}. \quad (8)$$

Для трехфазных приемников и питающих линий:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_\pi}. \quad (9)$$

Величина максимального расчетного тока для электроприемников определяется по формуле:

$$I_{p.\max} = \frac{P_y}{n_\phi \cdot U_\phi \cdot \cos\varphi}. \quad (10)$$

Например, произведем расчет нагрузок линии питания залу конференции.

Определим расчетную нагрузку по (5):

$$P_p = 0,462 \cdot 0,95 = 0,44 \text{ кВт.}$$

Определим реактивную и полную расчетные мощности по (6) и (7):

$$Q_p = 0,48 \cdot 0,44 = 0,21 \text{ квар,}$$

$$S_p = \sqrt{0,21^2 + 0,44^2} = 0,49 \text{ кВА.}$$

Определим расчетный и максимальный ток линии питания вытяжки по (9) и (10):

$$I_p = \frac{0,49 \cdot 10^3}{1 \cdot 220} = 2,21 \text{ А,}$$

$$I_{p.\max} = \frac{0,462 \cdot 10^3}{1 \cdot 220 \cdot 0,9} = 2,33 \text{ А.}$$

Для остальных электроприемников расчет производим аналогично.

Результаты расчета сводим в приложении А.

Для групп электроприемников определяем суммарные расчетные нагрузки по формулам:

$$P_{p.\text{гр}} = \sum P_p, \quad (11)$$

$$Q_{p.\text{гр}} = \sum Q_p, \quad (12)$$

$$S_{p.\text{гр}} = \sqrt{P_{p.\text{гр}}^2 + Q_{p.\text{гр}}^2}. \quad (13)$$

Например, произведем расчет групповой электрической нагрузки для сети освещения:

$$P_{p.\text{гр}} = 8 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,05 + 0,69 + 0,44 + 0,28 + 0,19 + 0,03 + 0,01 = 3,49 \text{ кВт,}$$

$$Q_{p.\text{гр}} = 8 \cdot 0,12 + 0,14 + 0,9 + 0,21 + 3 \cdot 0,02 + 0,33 = 1,68 \text{ квар,}$$

$$S_{p.\text{гр}} = \sqrt{3,49^2 + 1,68^2} = 3,87 \text{ кВА.}$$

Определим расчетный и максимальный ток группы по (9) и (10):

$$I_{p.\text{гр}} = \frac{3,87 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 5,58 \text{ А,}$$

$$I_{p.\max} = \frac{3,675 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 6,20 \text{ А.}$$

Для остальных групп расчет нагрузок производим аналогично, результаты расчета сводим в приложении А.

2.4 Общие принципы выбора проводов и кабелей

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля и сечения токопроводящего проводника, а также способов их прокладки. При выполнении электропроводок в зданиях и строениях используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000В.

Типы применяемых проводов или кабелей определяют:

- вид изоляции токоведущих жил (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая и пр.);
- наличие общие оболочки и оплетки;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- материал токоведущих жил (медь, алюминий);
- гибкость материала токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский, самонесущий и др.);
- напряжение (220, 380, 660 и 1000В);
- число токоведущих жил.

Выбор типа провода или кабеля зависит от следующих факторов:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа (в земле, в воздухе, в трубах, в коробах, на лотках и кронштейнах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто);
- от категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);

- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ; механические внешние воздействия; наличие флоры и фауны; солнечное излучение; конструкция здания);

- от уровня напряжения питающей сети.

Выбранные проводники и защищающие их устройства должны удовлетворять следующим условиям:

- проводить, не перегреваясь, расчетный ток нагрузки, а также выдерживать кратковременные перегрузки;

- падение напряжения в проводнике не должно превышать нормированных значений;

- защитные устройства (автоматические выключатели, предохранители) должны защищать проводники от перегрузки и коротких замыканий.

2.5 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей

В ПУЭ [23, пп. 7.1.34, 7.1.36] для внутренних электропроводок зданий предписывается использование проводов и кабелей с медными жилами, выполненными по трех- либо пяти проводной системе. В соответствии с этими требованиями и с учетом способов прокладки для электропроводки первого этажа офисного здания выбираем:

- для трёхфазных электроприёмников – кабель марки ВВГнгLS с пятью медными жилами, характеризующийся по изоляции как «ПВХ-ПВХ-голый», нг – не распространяющий горение; LS – при попадании в открытый огонь выделяет в атмосферу малую концентрацию отравляющих веществ при плавления изоляции;

- для однофазных электроприёмников – кабель марки ВВГнг-LS-П с тремя медными жилами, характеристики по изоляции – те же, что у ВВГнг-LS, «П» - плоский.

Сечение проводников выбирается по максимальному расчетному току нагрузки:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.мах}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{доп}}$ - допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчетной температуре, А (для отечественных кабелей $+25^{\circ}\text{C}$);

$I_{\text{р.мах}}$ - максимальный расчетный ток нагрузки, А.

В реальных условиях при прокладке внутри зданий допустимый ток проводника зависит от:

- температуры окружающей среды;
- способа прокладки;
- взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей.

Учет каждого из этих факторов производится с помощью коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 , определяющих их влияние на величину допустимого тока. Откуда формула для расчета тока нагрузки проводника принимает вид:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{р.мах}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (15)$$

где K_1 - учитывает влияние температуры окружающей среды отличной от $+25^{\circ}\text{C}$, в зависимости от типа изоляции;

K_2 - учитывает влияние способа прокладки;

K_3 - учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей.

Производим выбор сечения проводников. Принимаем расчетную температуру окружающей среды в здании управления $t_{\text{o,c}} = +25^{\circ}\text{C}$. Производим выбор коэффициентов:

- для кабелей в ПВХ-изоляции при $t_{\text{o,c}} = +25^{\circ}\text{C}$ $K_1 = 1,0$ [23, табл.1.3.3];
- кабели не прокладываются в термоизолирующем материале (штукатурка), значит $K_2 = 1$;
- для одиночных кабелей $K_3 = 1,0$ [23, табл. 1.3.12];
- для кабелей, проложенных пучками в одном лотке $K_3 = 0,75-0,85$.

Произведем расчет и выбор проводников с учетом выбранных коэффициентов. Максимальный расчетный ток нагрузки $I_{p.max}$ линий определяем по приложению А. Сечения проводников определяем по ПУЭ [23, таблица 1.3.6].

Например, произведем выбор сечения кабеля по условию (15) для линии питания зала конференции:

$$I_{доп} \geq \frac{2,33}{1 \cdot 1 \cdot 0,75} = 3,11 \text{ А.}$$

Выбираем кабель марки ВВГнг-LS 3×1,5 сечением 1,5 мм² и с длительно допустимым током 19 А. Для остальных электроприемников выбор производим аналогично. Результаты расчетов и выбор проводников сведём в приложении Б.

2.6 Общие принципы выбора защитной аппаратуры

Любое электрооборудование должна быть защищена устройствами автоматического отключения в случае появления сверхтоков или недопустимых токов утечки. Под сверхтоком понимается любой ток, превышающий номинальный. Обычно сверхтоки появляются при перегрузках или короткого замыкания в электроустановках.

В качестве защитной аппаратуры автоматического отключения применяются плавкие предохранители, автоматические выключатели и дифференциальные автоматические выключатели.

Учитывая, что электрооборудование первого этажа офисного здания составляет дорогостоящее компьютерное оборудование, для защиты линий их питания применим автоматические выключатели и устройства защитного отключения.

Для выполнения защитных функций автоматические выключатели оснащаются разными расцепителями.

В автоматических выключателях бытового назначения применяются: максимальный расцепитель тока, максимальный расцепитель с

обратнозависимой выдержкой времени, максимальный расцепитель тока прямого действия и тепловой расцепитель перегрузки.

В соответствии с СП31-110-2003 [27] во внутренних сетях зданий, как правило, следует применять автоматические выключатели с *комбинированными тепловыми расцепителями*.

В бытовом электрооборудовании в целях защиты от сверхтоков используются, как правило, автоматические выключатели, выпускаемые по ГОСТ Р 50345-2010 [9].

Стандарт формирует три типа характеристик мгновенного расцепления: В, С и D. В электрооборудовании зданий в основном используются автоматические выключатели с характеристиками типов В и С. При выборе автоматического выключателя необходимо учитывать предполагаемую температуру окружающей среды в месте его установки.

2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты

Автоматические выключатели, защищающие от перегрузки кабели сетей освещения и розеточных сетей, должны отвечать условию:

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{д.н}}{K_T}, \quad (16)$$

где $I_{н.а}$ - номинальный ток автоматического выключателя, А;

$I_{д.н}$ - допустимый номинальный ток нагрузки проводника, А;

K_T - температурный коэффициент.

Для выключателей электробытового назначения рекомендуемые значения величины K_T в зависимости от температуры окружающей среды в месте установки принимаются по [29, стр. 66].

Автоматические выключатели, защищающие от перегрузки кабели групповых линий и линий питания силовых электроприемников, следует выбирать на основании расчетных токов линий I_p :

$$I_{н.а} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (17)$$

Производим расчет и выбор автоматических выключателей. Данные по номинальным допустимым токам проводников и расчетным токам линий берем, из приложений Б. Выбор автоматических выключателей производим по каталогу АВВ (Asea Brown Boveri Ltd.) [34] и сводим в приложении В.

В качестве примера рассмотрим расчет и выбор автоматического выключателя QF13 для зала конференции. Выбираем автоматический выключатель по условию (17):

$$I_{н.а} \geq 1,1 \cdot 2,21 = 2,43 \text{ А.}$$

Таким образом выбираем по каталогу автоматический выключатель АВВ S803C 1P 10 А (В), трехполюсный, характеристика «В», номинальный ток 10 А. Результаты выбора автоматических выключателей сводим в приложении В.

2.8 Расчёт токов трёхфазного короткого замыкания

Под трехфазным КЗ подразумевается короткое замыкание между тремя фазами в электрической системе.

Для расчета токов КЗ необходимо:

- по расчетной схеме составить схему замещения, выбрать точки КЗ;
- рассчитать сопротивления;
- определить в каждой выбранной точке 3-фазные токи КЗ.

Схема замещения (приложения Ж) представляет собой вариант расчетной схемы (приложения Ж), в которой все элементы заменены сопротивлениями. Выберем три характерные точки КЗ: на ступенях распределения (ВРУ, ШЭ) и на конечном электроприемнике (для расчета возьмём наиболее мощный кондиционер №4 в к.106). Точки КЗ нумеруем сверху вниз, начиная от источника.

Определение сопротивлений элементов схемы замещения.

Сопротивления трансформатора ТМЗ-250/10/0,4 [29, табл. 1.9.1]:

$$R_T=9,4\text{МОм};$$

$$X_T= 27,2\text{МОм};$$

$$Z_T= 28,7\text{МОм};$$

$$Z_T^{(1)}= 312\text{МОм}.$$

Переходные сопротивления электрических контактов на ступенях распределения[29, табл.1.9.4]:

$$\text{РУНН: } R_{\text{пРУНН}}= 15 \text{ МОм};$$

$$\text{ВРУ: } R_{\text{пВРУ}}= 20 \text{ МОм};$$

$$\text{ШЭ: } R_{\text{пШЭ}}= 25 \text{ МОм}.$$

Сопротивления автоматических выключателей[29, табл.1.9.3]:

$$\text{QF1: } R_{\text{QF1}}= 1,72 \text{ МОм}; X_{\text{QF1}}= 0,95 \text{ МОм};$$

$$\text{QF38: } R_{\text{QF38}}= 5,1 \text{ МОм}; X_{\text{QF38}}= 3,25 \text{ МОм};$$

$$\text{QF48: } R_{\text{QF48}}= 6,8 \text{ МОм}; X_{\text{QF48}}= 4,5 \text{ МОм};$$

$$\text{SF1: } R_{\text{SF1}}= 0,55\text{МОм}; X_{\text{SF1}}= 0,17 \text{ МОм};$$

$$\text{SF2: } R_{\text{SF2}}= 0,73 \text{ МОм}; X_{\text{SF2}}= 0,3 \text{ МОм};$$

$$\text{SF3: } R_{\text{SF3}}= 1,32 \text{ МОм}; X_{\text{SF3}}= 0,66 \text{ МОм};$$

$$\text{1SF: } R_{\text{1SF}}= 0,55\text{МОм}; X_{\text{1SF}}= 0,17\text{МОм}.$$

Активное и индуктивное сопротивления линий электропередач определяем по выражениям:

$$r_{\text{л}} = r_0 \cdot L, \quad (18)$$

$$x_{\text{л}} = x_0 \cdot L, \quad (19)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление кабеля, МОм/м [29, табл.1.9.5];

x_0 – удельное индуктивное сопротивление кабеля, МОм/м [29, табл.1.9.5];

L – протяженность кабельной линии, м.

Определяем активное и реактивное сопротивление кабельных линий 0,4 кВ:

$$r_{\text{кЛ1}} = 0,1 \cdot 70 = 7 \text{ МОм},$$

$$x_{\text{кЛ1}} = 0,78 \cdot 70 = 5,46 \text{ МОм},$$

$$r_{\text{кЛ2}} = 0,195 \cdot 15 = 2,925 \text{ МОм},$$

$$x_{\text{кл}2} = 0,081 \cdot 15 = 1,215 \text{ мОм},$$

$$r_{\text{кл}3} = 4,63 \cdot 18 = 83,34 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{кл}3} = 0,107 \cdot 18 = 1,926 \text{ мОм}.$$

Общее полное сопротивление линий до точек КЗ определяем по выражению:

$$Z_{\text{к}} = \sqrt{\Sigma r^2 + \Sigma x^2}. \quad (20)$$

На основании упрощенной схемы замещения (приложения Ж) определяем эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ:

$$x_{\text{э}1} = x_{\text{Т}} + x_{1\text{SF}} + x_{\text{SF}1} + x_{\text{кл}1} + x_{\text{SF}2} = 41,7 + 0,17 + 0,17 + 5,46 + 0,3 = 47,8 \text{ мОм},$$

$$r_{\text{э}2} = r_{\text{SF}3} + r_{\text{кл}2} + r_{\text{QF}1} + r_{\text{ПШэ}} = 1,32 + 2,925 + 1,72 + 25 = 30,965 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{э}2} = x_{\text{SF}3} + x_{\text{кл}2} + x_{\text{QF}1} = 0,66 + 1,215 + 0,95 = 2,825 \text{ мОм},$$

$$r_{\text{э}3} = r_{\text{QF}37} + r_{\text{QF}44} + r_{\text{кл}3} = 5,1 + 6,8 + 83,34 = 95,24 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{э}3} = x_{\text{QF}37} + x_{\text{QF}44} + x_{\text{кл}3} = 3,25 + 4,5 + 1,926 = 9,676 \text{ мОм}.$$

Вычисляем сопротивления до каждой точки КЗ:

$$\Sigma r_{\text{К}1} = r_{\text{э}1} = 60,43 \text{ мОм},$$

$$\Sigma x_{\text{К}1} = x_{\text{э}1} = 47,8 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{к}1} = \sqrt{60,43^2 + 47,8^2} = 77,05 \text{ мОм},$$

$$\Sigma r_{\text{К}2} = \Sigma r_{\text{К}1} + r_{\text{э}2} = 60,43 + 30,965 = 91,395 \text{ мОм},$$

$$\Sigma x_{\text{К}2} = \Sigma x_{\text{К}1} + x_{\text{э}2} = 47,8 + 2,825 = 50,625 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{к}2} = \sqrt{91,395^2 + 50,625^2} = 104,48 \text{ мОм},$$

$$\Sigma r_{\text{К}3} = \Sigma r_{\text{К}2} + r_{\text{э}3} = 91,395 + 95,24 = 186,635 \text{ мОм},$$

$$\Sigma x_{\text{К}3} = \Sigma x_{\text{К}2} + x_{\text{э}3} = 50,625 + 9,676 = 60,301 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{к}3} = \sqrt{186,635^2 + 60,301^2} = 196,14 \text{ мОм}.$$

Определяем ударные коэффициенты K_y по графику [29, рисунок. 1.9.1]:

$$K_y = F \left(\frac{r_{\text{к}}}{x_{\text{к}}} \right), \quad (21)$$

$$K_{y1} = F\left(\frac{60,43}{47,8}\right) = F(1,26) = 1,0,$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{91,395}{50,625}\right) = F(1,81) = 1,0,$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{186,635}{60,301}\right) = F(2,98) = 1,0.$$

Токи трехфазного короткого замыкания определяем по выражению:

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{к}}, \quad (22)$$

$$I_{кз.к1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 77,05} = 3,0 \text{ кА},$$

$$I_{кз.к2}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 104,48} = 2,21 \text{ кА},$$

$$I_{кз.к3}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 196,14} = 1,17 \text{ кА}.$$

Ударный ток определяем по выражению:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{кз} \cdot K_y, \quad (23)$$

$$i_{y.к1} = \sqrt{2} \cdot 3,0 \cdot 1,0 = 4,23 \text{ кА},$$

$$i_{y.к2} = \sqrt{2} \cdot 2,21 \cdot 1,0 = 3,12 \text{ кА},$$

$$i_{y.к3} = \sqrt{2} \cdot 1,17 \cdot 1,0 = 1,65 \text{ кА}.$$

Для определения токов однофазного короткого замыкания составляем схему замещения и определяем сопротивления петли «фаза-ноль».

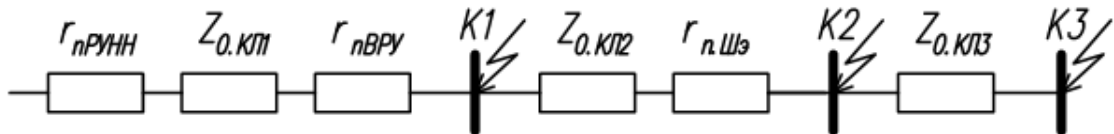


Рисунок 2 – Схема замещения для расчета однофазных токов короткого замыкания

Для кабельных линий определяем сопротивление петли «фаза-ноль»:

$$r_{0.кЛ1} = 2 \cdot 0,1 \cdot 70 = 14 \text{ мОм},$$

$$x_{0.кЛ1} = 0,15 \cdot 70 = 10,5 \text{ мОм},$$

$$r_{0.кЛ2} = 2 \cdot 0,195 \cdot 15 = 5,85 \text{ мОм},$$

$$x_{0.кЛ2} = 0,15 \cdot 15 = 2,25 \text{ мОм};$$

$$r_{0.кЛ3} = 2 \cdot 4,63 \cdot 18 = 166,68 \text{ мОм},$$

$$x_{0.кЛ3} = 0,15 \cdot 18 = 2,7 \text{ мОм}.$$

Определяем полные сопротивления до точек КЗ:

$$r_{П1} = r_{ПРУНН} + r_{0.кЛ1} + r_{П.ВРУ} = 15 + 14 + 20 = 49 \text{ мОм},$$

$$x_{П1} = x_{0.кЛ1} = 10,5 \text{ мОм},$$

$$Z_{П1} = \sqrt{49^2 + 10,5^2} = 50,11 \text{ мОм},$$

$$r_{П2} = r_{П1} + r_{0.кЛ2} + r_{П.ШЭ} = 49 + 5,85 + 25 = 79,85 \text{ мОм},$$

$$x_{П2} = x_{П1} + x_{0.кЛ2} = 10,5 + 2,25 = 12,75 \text{ мОм},$$

$$Z_{П2} = \sqrt{79,85^2 + 12,75^2} = 80,86 \text{ мОм},$$

$$r_{П3} = r_{П2} + r_{0.кЛ3} = 79,85 + 166,68 = 246,53 \text{ мОм},$$

$$x_{П3} = x_{П2} + x_{0.кЛ3} = 12,75 + 2,7 = 15,45 \text{ мОм},$$

$$Z_{П3} = \sqrt{246,53^2 + 15,45^2} = 247,02 \text{ мОм}.$$

Определяем токи однофазного короткого замыкания по формуле:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{U_{н.ф}}{Z_{П} + Z_{Т}^{(1)}/3}, \quad (24)$$

где $Z_{Т}^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора однофазному току КЗ, мОм.

$$I_{КЗ.К1}^{(1)} = \frac{220}{50,11 + 486/3} = 1,04 \text{ кА},$$

$$I_{КЗ.К2}^{(1)} = \frac{220}{80,86 + 486/3} = 0,91 \text{ кА},$$

$$I_{КЗ.К3}^{(1)} = \frac{220}{247,02 + 486/3} = 0,54 \text{ кА}.$$

Результаты расчета токов короткого замыкания сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Сводная ведомость токов короткого замыкания по точкам

№ точек КЗ	Трехфазные токи КЗ						Однофазные токи КЗ			
	R_k , МОм	X_k , МОм	Z_k , МОм	$I_k^{(3)}$, кА	K_y	i_y , кА	R_p , МОм	X_p , МОм	Z_p , МОм	$I_k^{(1)}$, кА
КЗ	186,635	60,301	196,14	1,17	1,0	1,65	246,53	15,45	247,02	0,54
К2	91,395	50,625	104,48	2,21	1,0	3,12	79,85	12,75	80,86	0,91
К1	60,43	47,8	77,05	3,00	1,0	4,23	49	10,5	50,11	1,04

2.9 Проверка аппаратов защиты по токам короткого замыкания

По результатам определения токов коротких замыканий проверим правильность выбора автоматических выключателей.

По току трехфазного КЗ проверяем автоматические выключатели на отключающую способность по условию:

$$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{кз}}^{(3)}, \quad (22)$$

где $I_{\text{откл}}$ – ток отключения аппарата, определяемый заводом-изготовителем, кА;

$I_{\text{кз}}^{(3)}$ – ток трехфазного короткого замыкания цепи, в которой проверяется автомат, кА.

Для QF1: 13 кА > 2,21 кА – условие выполняется.

Для QF37: 4,5 кА > 1,17 кА – условие выполняется.

Для QF44: 4,5 кА > 1,17 кА – условие выполняется.

По ударному току КЗ проверяем автоматические выключатели на электродинамическую устойчивость по условию:

$$i_{\text{дн}} \geq i_y, \quad (23)$$

где $i_{\text{дн}}$ – максимально допустимый ток аппарата, определяемый заводом-изготовителем, кА;

i_y – ударный ток трехфазного короткого замыкания цепи, в которой проверяется автомат, кА.

Для QF1: 25 кА > 3,12 кА – условие выполняется.

Для QF2: $6 \text{ кА} > 1,65 \text{ кА}$ – условие выполняется.

Для QF3: $6 \text{ кА} > 1,65 \text{ кА}$ – условие выполняется.

Выбранные аппараты защиты в сетях напряжением до 1 кВ проверяются по условию их успешного срабатывания при однофазном КЗ. Для этого $I_{\text{к}}^{(1)}$ должен превышать не менее, чем в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя, номинальный ток нерегулируемого расцепителя или уставку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику:

$$I_{\text{к}}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{\text{н.р.}} \quad (24)$$

Для QF1: $1,04 \text{ кА} > 3 \cdot 0,125 = 0,375 \text{ кА}$ – условие выполняется.

Для QF37: $0,91 \text{ кА} > 3 \cdot 0,063 = 0,19 \text{ кА}$ – условие выполняется.

Для QF44: $0,54 \text{ кА} > 3 \cdot 0,032 = 0,096 \text{ кА}$ – условие выполняется.

Значит выбранные аппараты защиты успешно сработают при коротком замыкании в точках К2 и К3.

2.10 Расчет заземляющего устройства

Для защиты персонала от попадания под опасное для жизни напряжение, проектом предусмотрено устройство защитного заземления. Заземлению подлежат все металлические нетоковедущие части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под таковым вследствие неисправности изоляции. Проектом предусмотрено устройство внутрицехового контура заземления, выполненного из полосовой стали размером $4 \times 2,5$ мм и ответвлениями – 3×20 мм.

В сетях освещения – используется нулевой рабочий проводник.

Расчет защитного заземления производится методом коэффициента использования, следующим образом:

- в соответствии с ПУЭ устанавливается необходимое сопротивление заземления R_3 ;

- определяется расчетное сопротивление грунта (ρ_3);
- выбираются электроды, и рассчитывается их сопротивление;
- уточняется число вертикальных электродов с учетом соединительной полосы.

Произведем расчет заземляющего устройства для проектируемого первого этажа офисного здания в указанной последовательности. Для контура заземления будем использовать в качестве вертикальных электродов круглую сталь $\varnothing 16 \text{ мм}^2$ длиной по 5 м соединенных горизонтальной стальной полосой 40x4 мм.

Согласно ПУЭ [23, п.1.8.39, табл.1.8.38] для электроустановок напряжением до 1кВ в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземления должно составлять не более 2/4/8 Ом при линейных напряжениях 660/380/220 соответственно, в электрических сетях с изолированной нейтралью – не более 4 Ом.

Принимаем требуемое сопротивление заземления: $R_3 = 4 \text{ Ом}$.

Для чернозема принимаем по таблицам [29, табл.1.13.3] расчетное удельное сопротивление грунта $\rho = 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Коэффициент сезонности для климатической зоны III принимаем $K_{\text{СЕЗ}} = 1,5$.

Расчетное сопротивление грунта определяется по формуле:

$$\rho_p = K_{\text{СЕЗ}} \cdot \rho, \quad (25)$$

где ρ - расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$K_{\text{СЕЗ}}$ – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта и зависящий от климатической зоны и вида заземлителей [29].

Определяем расчетное сопротивление грунта по формуле (25):

$$\rho_p = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Приближенно сопротивление одиночного вертикального заземлителя определяется по формуле:

$$r_B = 0,3 \cdot \rho_p, \quad (26)$$

$$r_B = 0,3 \cdot 75 = 22,5 \text{ Ом.}$$

Определяем приблизительное число вертикальных электродов:

$$N'_B = \frac{r_B}{R_3}, \quad (27)$$

$$N'_B = \frac{22,5}{4} = 5,6, \text{ принимаем } N'_B = 6.$$

С учетом экранирования:

$$N_B = \frac{N'_B}{\eta_B}, \quad (28)$$

где η_B – коэффициент использования вертикальных электродов, определяются по таблице в зависимости от типа заземляющего устройства, вида заземлителей, длины и числа вертикальных заземлителей и расстояния между ними [29].

Принимаем:

$$\eta_B = F(\text{рядное, вертикальное, 1, 6}) = 0,63.$$

$$N_B = \frac{6}{0,63} = 9,52, \text{ принимаем } N_B = 10.$$

Размещаем ЗУ на плане. Так как выбрано $a/L = 1$, то $L = 5$ м и тогда определим приблизительную длину полосы:

$$L_{\Pi} = 5 \cdot (N_B - 1), \quad (29)$$

$$L_{\Pi} = 5 \cdot (10 - 1) = 45 \text{ м.}$$

Сопротивление горизонтального электрода (полосы) определяется по формуле:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot \rho_p}{L_{\Pi}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{b \cdot t}, \quad (31)$$

где L_{Π} – длина полосы, м;

b – ширина полосы, м;

t – глубина заложения, м.

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot 75}{45} \cdot \lg \frac{2 \cdot 45^2}{0,04 \cdot 0,5} = 3,54 \text{ Ом.}$$

Определяем уточненные значения сопротивления вертикальных и горизонтальных электродов:

$$R_{\text{В}} = \frac{r_{\text{В}}}{N_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{В}}}, \quad (32)$$

$$R_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \quad (33)$$

где $R_{\text{В}}$ и R_{Γ} – сопротивления вертикального и горизонтального электродов с учетом коэффициента использования, Ом;

η_{Γ} – коэффициент использования горизонтального электрода [29].

Определяем по таблицам [29] уточненные коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов:

$$\eta_{\text{В}} = 0,59 \text{ и } \eta_{\Gamma} = 0,62.$$

Определяем сопротивления с учетом коэффициента использования:

$$R_{\text{В}} = \frac{22,5}{10 \cdot 0,59} = 3,8 \text{ Ом,}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{3,54}{0,62} = 5,7 \text{ Ом.}$$

Определяем фактическое сопротивление заземляющего устройства по формуле:

$$R_{\text{з.факт}} = \frac{R_{\text{В}} \cdot R_{\Gamma}}{R_{\text{В}} + R_{\Gamma}}, \quad (34)$$

$$R_{\text{з.факт}} = \frac{3,8 \cdot 5,7}{3,8 + 5,7} = 2,3 \text{ Ом.}$$

Так как

$$R_{\text{з.доп}} = 4 \text{ Ом} > R_{\text{з.факт}} = 2,3 \text{ Ом.}$$

следовательно, заземляющее устройство будет эффективным.

2.11 Разработка схемы автоматического вводного резерва

Автоматический ввод резерва (автоматическое включение резерва, АВР). Это основной метод релейной защиты служащий для повышения отказоустойчивости сети электроснабжения путём резервирования. Смысл состоит в том, что при повреждении основной линии электропитания автоматически вводится резервная (дополнительная) линия для восстановления электроснабжения системы.

Основные требования к системе АВР:

- система АВР должна как можно быстрее вводить резервный источник питания после отключения рабочей линии электроснабжения;
- система АВР должна всегда срабатывать, в случае повреждения основной линии и пропадания электричества в системе;
- система АВР должна сработать один раз. Объясняется это тем, что в системе возможно короткое замыкание. И поэтому не допускается многократное срабатывание АВР с коротким замыканием в системе.

В качестве коммутационных аппаратов в устройствах АВР могут использоваться автоматические выключатели с электроприводом или магнитные пускатели.

Применяемые в АВР реле контроля фаз (KV) в зависимости от модификации, позволяют контролировать следующие параметры сети:

- пропадание напряжения по одной или нескольким фазам;
- нарушение порядка чередования фаз;
- асимметрию фаз (с регулировкой или постоянным значением уставки);
- снижение или повышение напряжения с запоминанием или без по любой фазе (с регулировкой или постоянным значением уставки);

Так как потребители, подключенные к шкафу Шк, относятся к первой категории надежности, то питание шкафа Шк осуществим через шкаф АВР.

Разработаем схему АВР с двумя вводами, реализуемыми на автоматических выключателях и магнитных пускателях (рисунок 3). Один ввод принимаем основным (QF1), второй – резервным (QF2).

При включенном состоянии автоматических выключателей QF1, QF2, QF3 и QF4 подано питание на реле контроля фаз К1 и через его замкнутый контакт К1.1 и нормально замкнутый контакт КМ2.2 получает питание катушка пускателя основного ввода КМ1. Замкнуты силовые контакты КМ1 и на шкаф Шк подается питание по основному вводу.

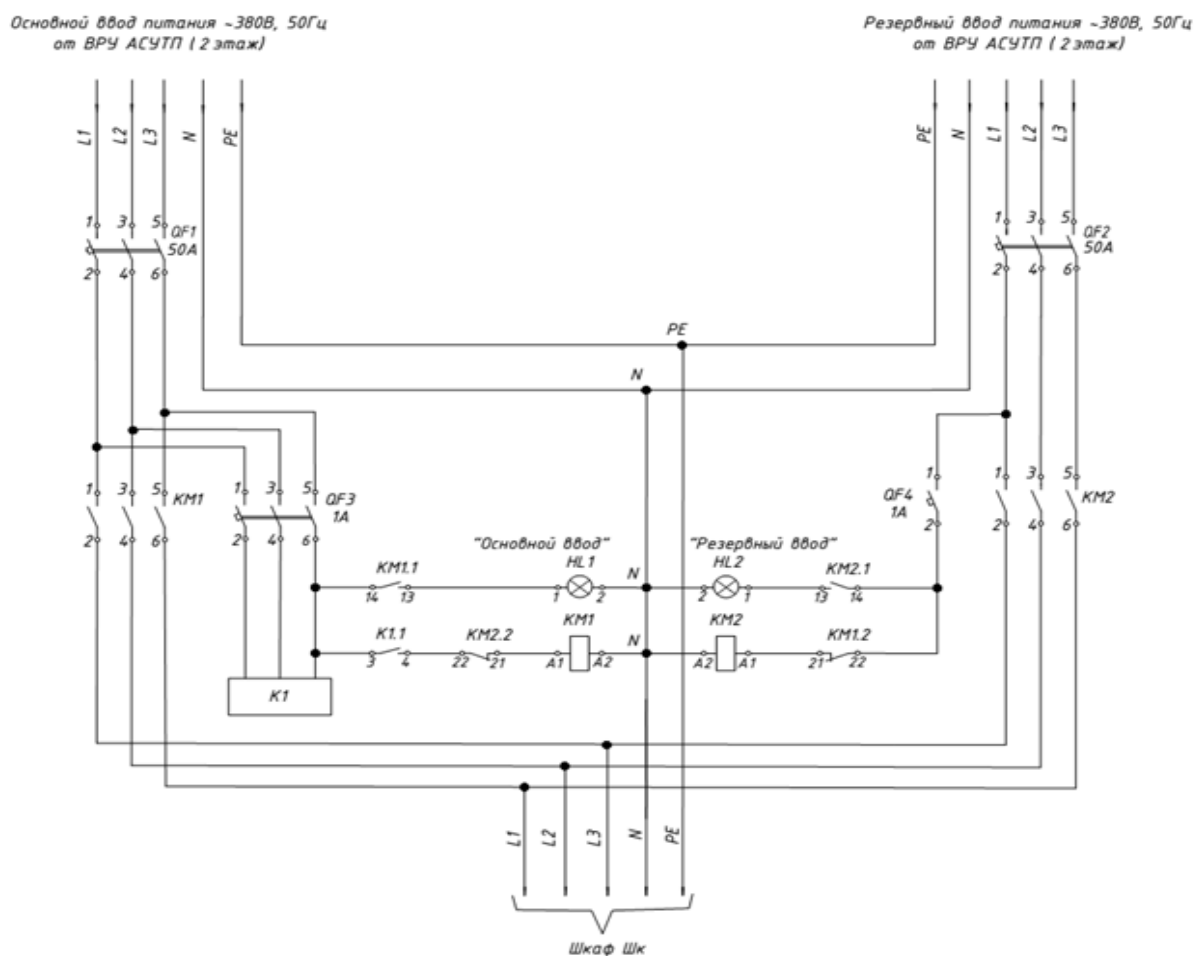


Рисунок 3 – Принципиальная схема автоматического ввода резерва для питания компьютерного шкафа

При исчезновении напряжения по основному вводу отключается реле К1, размыкая свой контакт в цепи КМ1, КМ1 отключается и своим контактом КМ1.2 подает питание на катушку пускателя КМ2 который срабатывает и через свои силовые контакты подает питание на шкаф Шк по резервному вводу.

Данная схема АВР срабатывает один раз, чтобы не допустить обратное переключение на основной ввод, на котором может быть короткое замыкание.

При срабатывании АВР обслуживающий персонал осматривает сеть, по необходимости устраняет аварийный режим на основном вводе и затем производит переключение с резервного ввода обратно на основной.

Перечень электроаппаратов, используемых в схеме автоматического ввода резерва, с их техническими характеристиками приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Электрооборудование схемы автоматического ввода резерва

Поз. обозначение	Наименование, тип, характеристики	Кол-во
QF1, QF2	Автоматический выключатель АВВ S803С 3Р 50 А (С), 380 В, $I_H = 50$ А, тип «С»	2
QF3	Автоматический выключатель АВВ S803С 9 3Р 1 А (С), 380 В, $I_H = 1$ А, тип «С»	1
QF4	Автоматический выключатель АВВ S803С 1Р 1 А (С), 220 В, $I_H = 1$ А, тип «С»	1
KM1, KM2	Магнитный пускатель ESB 63-40 220В, 440 В, $I_H = 63$ А, $U_K = 220$ В	2
K1	Реле контроля напряжения CM-PVS.41S, 480 В, кол-во фаз – 3	1
HL1, HL2	Светосигнальная лампа со встроенным светодиодом, желтая CL2-523Y, 220 В	2

2.12 Экономическая часть

В выпускной квалификационной работе необходимо произвести расчет капиталовложений.

Капитальные затраты на электроснабжение объекта складываются из затрат на оборудование и стоимости его монтажа:

$$K = K_{об} + K_M, \quad (35)$$

где $K_{об}$ – стоимость электрооборудования, руб;

K_M – стоимость монтажных работ.

Стоимость электрооборудования определяем по свободным отпускным ценам и по прейскурантам оптовых цен с учетом коэффициента перевода в

действующие цены. Расчет затрат на приобретение электрооборудования и устройства проектируемого первого этажа офисного здания, сведем в приложении Г.

Стоимость монтажных работ условно принимается равной 15% от стоимости оборудования:

$$K_M = 0,15 \cdot K_{об}, \quad (36)$$

$$K_M = 0,15 \cdot 1821042,7 = 273156,405 \text{ руб.}$$

Определяем капитальные вложения в элементы системы электроснабжения первого этажа офисного здания по формуле (35):

$$K = 1821042,7 + 273156,405 = 2094199,1 \text{ руб.}$$

3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Процесс обучения невозможен без проведения контроля знаний и умений. Разработкой системы контроля занимаются не только учёные – педагоги, издающие различные пособия, но и каждый. Современные требования к программам обучения предполагают обязательное наличие контрольно – измерительных материалов.

В данной выпускной квалификационной работе был разработан дидактический тест по дисциплине «Электротехника и электроника» специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи, ПМ 02 Монтаж воздушных линий электропередачи, для проверки и закреплению полученных обучающимися знаний.

Дидактические тесты – это тесты, которые направлены на диагностическое измерение уровня знаний в определенной образовательной сфере. Они призваны решать педагогические (дидактические) задачи, связанные с корректировкой учебной деятельности учащегося в процессе обучения.

Данная система проверки знаний предназначена для контроля обучения будущего оперативного персонала, в ходе которого обучающимся рассказывают про эксплуатации, технического обслуживания и ремонта воздушных линий электропередачи. Бланк и ключ ответов для данного дидактического теста находится в приложениях Д, Е.

Аннотация
дидактического теста
для проведения контрольного опроса обучающихся
по дисциплине «Электротехника и электроника»
по специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

Дидактический тест содержит 20 тестовых заданий.

Время, отводимое для выполнения теста, – 30 минут.

Проверка тестового задания осуществляется с помощью утверждённого ключа.

Оценка тестовых заданий производится в соответствии с утверждёнными критериями:

№	Отметка в пятибалльной системе	Процент правильных ответов	Количество заданий верно решенных
1	«2»	0-29%	0-5
2	«3»	30-60%	6-11
3	«4»	61-85%	12-17
4	«5»	более 85%	18-20

Инструкция
по выполнению дидактического теста
по дисциплине «Электротехника и электроника»
по специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

Уважаемые обучающиеся

Вашему вниманию представляется дидактический тест для проведения контрольного опроса. Вы должны выполнить предложенные вам тестовые задания за 30 минут и внести ответы в **бланк** ответа.

Предварительно вам необходимо заполнить справочные позиции бланка.

При внесении в бланк ответов на тестовые задания вы должны соблюдать правила заполнения бланка ответов в зависимости от вида тестового задания.

При выполнении заданий с формулировкой **«Выберите номер правильного варианта ответа»** вы должны выбрать **один** правильный ответ из предложенных и проставить его номер в соответствующую позицию в бланке ответа.

При выполнении заданий с формулировкой **«Установите соответствие»** вы должны найти такие однозначные связи между позициями первого и второго столбиков, чтобы одной позиции первого столбика соответствовала только одна позиция второго, а повтор используемых позиций категорически запрещён. Установленное соответствие внести в бланк ответа.

При выполнении заданий с формулировкой **«Установите правильную последовательность»** необходимо расставить предложенные позиции в нужной последовательности и отразить ее в бланке ответа.

При выполнении заданий с формулировкой **«Дополните»** вы должны определить пропущенную информацию и внести ее в соответствующую позицию бланка ответа.

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ТЕСТ
для проведения контрольного опроса обучающихся
по дисциплине «Электротехника и электроника»
по специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

1. Выберите номер правильного варианта ответа

ОХРАННАЯ ЗОНА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ – ЭТО

1. Расстояние между проводами разных фаз воздушной линий электропередачи
2. Минимальное допустимое расстояние от низшей точки провисания провода до земли
3. Расстояние между проводом и грозозащитным тросом
4. Расстояние от крайнего провода линии до мнимой вертикальности плоскости, нормируемые Правилами охраны электрических сетей
5. Расстояние между прямой, соединяющей точки подвеса провода и низшей его точки провисания

2. Дополните

_____ – ЭТО ОДИН ИЗ КОМПОНЕНТОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ, СИСТЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННАЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

3. Дополните

_____ – ЭТО УСТРОЙСТВО,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОЕ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПРОВОДАМ, НАХОДЯЩИМСЯ НА
ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ И ПРИКРЕПЛЁННЫМ С ПОМОЩЬЮ ТРАВЕРС,
ИЗОЛЯТОРОВ И АРМАТУРЫ К ОПОРАМ

4. Выберите номер правильного варианта ответа

СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДОВ СЕЧЕНИЕМ ДО 185мм² ВЫПОЛНЯЮТСЯ

1. Овальными соединениями
2. Сваркой
3. Пайкой
4. Прессуемыми соединителями
5. Болтовыми соединителями

5. Установите правильную последовательность

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ МОНТАЖЕ ПРОВОДОВ В ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

1. Соединения и подъем проводов на опоры
2. Раскатка проводов
3. Крепления проводов к изоляторам опор
4. Натяжения проводов с регулировкой стрелы провеса

6. Установите соответствие

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

СОДЕРЖАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

- | | |
|--|--|
| 1. По роду тока | A. Воздушные линии до 1000В. Воздушные линии выше 1000В |
| 2. По назначению | B. Сверхдальние ВЛ напряжением 500 кВ и выше
Магистральные ВЛ напряжением 220 и 330 кВ. Распределительные ВЛ напряжением 35, 110 и 150 кВ. ВЛ 20 кВ и ниже |
| 3. По напряжению | C. ВЛ нормального режима работы
ВЛ аварийного режима работы
ВЛ монтажного режима работы |
| 4. По режиму работы в нейтралей в электроустановках | D. Трёхфазные сети с незаземлёнными нейтральями
Трёхфазные сети с резонансно-заземлёнными нейтральями
Трёхфазные сети с эффективно-заземлёнными нейтральями
Сети с глухозаземлённой нейтралью |
| 5. По режиму работы в зависимости от механического состояния | E. ВЛ переменного тока
ВЛ постоянного тока |

7. Выберите номер правильного варианта ответа

КОЛИЧЕСТВО КАБЕЛЕЙ, КОТОРОЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОКЛАДЫВАТЬ В ОДНОЙ ТРАНШЕЕ

1. До восьми кабелей
2. До семи
3. До шести
4. До пяти

5. До четырех

8. Дополните

_____ – ЭТО СЛОЖНАЯ ЗАДАЧА, КОТОРАЯ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАБОТЫ, МОНТАЖ, ПУСКОНАЛАДКУ, ОБСЛУЖИВАНИЕ

9. Установите соответствие

НАПРЯЖЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ	КЛАСС НАПРЯЖЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ
1. ВЛ до 1000В	А. ВЛ ультравысокого класса напряжений
2. ВЛ 110-330 кВ	В. ВЛ сверхвысокого класса напряжений
3. ВЛ 1-35 кВ	С. ВЛ высокого класса напряжений
4. ВЛ 500-750 кВ	Д. ВЛ среднего класса напряжений
5. ВЛ выше 750 кВ	Е. (ВЛ низкого класса напряжений)

10. Выберите номер правильного варианта ответа

СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОВТОРНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ НУЛЕВОГО ПРОВОДА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ПРИ НАПРЯЖЕНИИ 380В

1. Не менее 0,5 Ом
2. Не менее 4 Ом
3. Не менее 10 Ом
4. Не менее 30 Ом
5. Не менее 50 Ом

11. Дополните

КОНСТРУКЦИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ, ЕЁ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО РЕГУЛИРУЕТСЯ _____ И _____

12. Выберите номер правильного варианта ответа

УКАЖИТЕ ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

1. Скрытность трассы, компактность линий электропередач, легкое проведение ремонтных работ
2. Незащищенность от внешнего воздействия
3. Широкая полоса отчуждения: в окрестности линий электропередач запрещено ставить какие-либо сооружения
4. Незначительная часть объема земляных работ при постройке, простота эксплуатации, сравнительная низкая стоимость сооружения

5. Эстетическая непривлекательность, компактность линии и возможность широкого развития электроснабжения

13. Установите правильную последовательность

ЭТАПЫ ИСПЫТАНИЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ПРИ ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ:

1. Измерение расстояния от проводов линии до земли и до различных пересекаемых объектов
2. Испытание опорных и подвесных изоляторов на повышенное напряжение промышленной частоты
3. Измерение сопротивление опор
4. Контроль соединения проводов и измерение падение напряжение в соединителях
5. Проверка стрелу провеса проводов и тросов, которая не должна отличаться от проектной более чем $\pm 5\%$

14. Выберите номер правильного варианта ответа

ВИДЫ КАБЕЛЬНЫХ МУФТ КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ НАИБОЛЕЕ НАДЕЖНЫМИ

1. Эпоксидные
2. Термоусаживаемые
3. Свинцовые
4. Чугунные
5. Стальные

15. Дополните

_____ – ЭТО УСРОЙСТВО ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗ ДИЭЛЕКТРИКА

16. Выберите номер правильного варианта ответа

СТРЕЛА ПРОВЕСА ПРОВОДА – ЭТО

1. Расстояние между проводами разных фаз воздушной линии электропередачи
2. Расстояние от низшей точки провисания провода до земли
3. Расстояние между прямой, соединяющей точки подвеса провода и низшей точкой его провисания
4. Расстояние от крайнего провода линии до мнимой вертикальной плоскости, нормируемое Правилами охраны электрических сетей
5. Расстояние между проводом и грозозащитным тросом

17. Установите правильную последовательность

ЭТАПЫ НАРУЖНОГО ОСМОТРА ПРИ ПРИЕМКЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

1. Отсутствие наклона опор воздушной линии
2. Отсутствие раковины и выбоины на железобетонных опорах которые заделаны цементным раствором
3. Видимость положение указателей действия разрядников с земли
4. Отсутствие трещин, отколы или повреждений на изоляторах
5. Ограждение опор железобетонными отбойными тумбами

18. Выберите номер правильного варианта ответа

ПРАВИЛЫ КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ СТРОГО СОБЛЮДАТЬСЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

1. Правило использования специальных машин
2. Правило охраны электрических сетей
3. Правила проверки выполненных работ
4. Правила запасных оборудований и материалов
5. Правила охраны окружающей среды

19. Дополните

В _____ – ГОДУ ПОЯВИЛИСЬ ПЕРВЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ПРОВОДАМИ ВО ФРАНЦИИ

20. Выберите номер правильного варианта ответа

С ПОМОЩЬЮ ЧЕГО ДОЛЖНА ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ ПЛАВКА ГОЛОЛЕДА НА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 1000В?

1. Бригадой монтажников
2. Электрическим током
3. Специальной техникой
4. Специальной машиной
5. Любым способом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе разработана система энергоснабжения первого этажа офисного здания электросетевой компании АО «ЕЭСК».

В процессе работы произведен подбор схемы электроснабжения и конструктивного выполнения, питающих и распределительных сетей, проведено вычисление электрических нагрузок, расчет электрического освещения (подбор светильников, калькуляция нагрузок). Совершен выбор проводов и кабелей для питающих и групповых линий, расчет токов короткого замыкания в линиях электроснабжения, на основании которого выполнена проверка правильности выбора защитной аппаратуры, подобраны аппараты защиты. Проведено вычисление заземляющего устройства для первого этажа офисного здания. Описан порядок организации монтажа, эксплуатации и ремонтных работ электрооборудования и электрических сетей. Произведен расчет капитальных затрат на приобретение электрооборудования и материалов для выбранной схемы электроснабжения.

Для подсоединения к электросети переносных электроприемников по коридорам учтены штепсельные розетки с заземляющим контактом, уровень конструкции розеток 0,3 м от уровня чистого пола.

Метод прокладки:

- по коридору магистральные горизонтальные участки кабелей групповых сетей за подвесным потолком на лотках, прикрепляемых к стенам с помощью опор и профилей;
- горизонтальные участки и вертикальные опуски к электроустановочным изделиям - по стенам скрыто под слоем ГК и за подвесным потолком в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к потолку и стенам при помощи пластиковых держателей с защелкой.

Распределительные щиты Шэ (шкаф общего электроснабжения) и Шк (шкаф компьютерный) расположены на первом этаже, силовые щиты ВРУ и АВР - на втором этаже. Вновь устанавливаемые щиты приняты компании "ДКС". Шкаф АВР с двумя вводами (основным и резервным) специализирован для питания сети компьютеров. Проектом электроснабжения общественного здания учтено соединение ГЗШ (Главная Заземляющая Шина) шкафа ВРУ с контуром заземления, вычисление которого производился исходя из требования обеспечения защитного заземления сопротивлением не более 4 Ом. Электроосвещение помещений осуществлено от этажного распределительного щитка Шэ. Проектом учтено рабочее освещение всех помещений и аварийных коридоров. Нормы освещенности установлены по СНиП 23-05-2010, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Для освещения помещений проектируемого второго этажа предусмотрены светодиодные светильники фирмы "Световые технологии". Сети освещения выполняются кабелем ВВГнг-LS скрыто за подвесным потолком и открыто в кабель-каналах фирмы "ДКС" в помещениях без подвесных потолков.

Верх щитов освещения предусматривается на отметке 2,2 м от пола, выключатели предусматриваются на отметке 1 м от пола.

Однофазные сети выполняются трех проводными (фаза, нулевой рабочий, нулевой защитный), трехфазные – пяти проводными. Все открытые проводящие части светильников должны быть присоединены к нулевому защитному проводнику.

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, выполнены. Спроектированная система энергоснабжения объекта проектирования удовлетворяет всем требованиям действующей нормативно-технической документации с учетом требований правил безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: справочное пособие. – Ростов на Дону: Феникс, 2004. – 480 с.
2. ГОСТ 28249-93 (2003). Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Введ. 01.01.95, переиздан 08.2006. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006 – 45 с.
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.06.2014. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Стандартиформ, 2014 – 17 с.
4. ГОСТ 7.0.12-2011. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила. – Введ. 01.09.2011. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Стандартиформ, 2012 – 17 с.
5. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание Общие требования и правила составления. – Введ. 30.06.2004 (переиздан 01.2010). – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Стандартиформ, 2010 – 166 с.
6. ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления. – Введ. 30.06.2002. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; ИПК изд-во стандартов, 2001 – 24 с.
7. ГОСТ Р 50345-2010. Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и

аналогичного назначения. – Введ. 01.01.2012. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Стандартиформ, 2011 – 104 с.

8. ГОСТ Р 50571.3-2009. Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. – Введ. 01.01.2011. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации, 2011 – 112 с.

9. ГОСТ Р 51326.1-99. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.06.2000. – Москва: Госстандарт РФ; Москва Стандартиформ, 2010 – 86 с.

10. ГОСТ Р 51327.1-2010. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.10.2010. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Стандартиформ, 2011 – 100 с.

11. ГОСТ Р МЭК 60755-2012. Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током. – Введ. 01.01.2013. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Стандартиформ, 2013 – 33 с.

12. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. – Введ. 01.07.2014. – Москва: Стандартиформ, 2014 – 24 с.

13. Интернет-магазин печей и отопительного оборудования 2018 года [Электронный ресурс] / Сайт интернет магазина. – Режим доступа – <http://www.pечи96.ru>. (дата обращения 12.05.2018)

14. Каталог продукции АВВ. Автоматические выключатели Easy 9. Компания «АВВ». [Электронный ресурс] / официальный сайт АВВ. – Режим доступа: <https://new.abb.com/ru/produkty-i-servisy>. (дата обращения 22.05.18).

15. Киреева Э.А., Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике. – Москва: Кнорус, 2013 – 864 с.
16. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение: справочник. – Минск.: Техноперспектива, 2007 – 255 с.
17. Компания «Световые технологии». Светильники общего и специального назначения для внутреннего и наружного освещения [электронный ресурс] / Сайт производителя. – Режим доступа: <https://www.ltcompany.com/ru/>. (дата обращения 21.05.2018).
18. Коновалова Л.Л. Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебник для средних специальных учебных заведений.– Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 528 с.
19. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреж. СПО. – Москва: «Мастерство»; Высшая школа, 2001. – 320 с.
20. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – Москва: Выш. шк., 1981 – 376 с.
21. Оборудование и электротехнические устройства систем электроснабжения: справочник / под общ. ред. В. Л. Вязигина, В. Н. Горюнова, В. К. Грунина (гл. редак.). – Омск: Редакция Ом. науч. вестника, 2006. – 268 с.
22. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.
23. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – Утвержд. 23.03.1998. – М: РАО «ЕЭС России»; Москва: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.
24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному осв. жилых и общественных зданий. – Введ. 15.06.2006 г. – Москва: МинЗдрав РФ, 2006. – 26 с.
25. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.

26. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – Москва: Госстрой России, 2004 – 75 с.
27. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 20.05.2011. – Москва: Минрегион РФ, прик. № 783 от 27.12.2010. – 74 с.
28. Техническая коллекция АВВ. Выпуск №11.«Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «АВВ». – октябрь, 2007. – 240 с., ил. «Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «АВВ». – октябрь, 2007. – 240с., ил.
29. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.
30. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ, 2011 – 136с.
31. Электротехническая компания ЭТМ. [электронный ресурс] / Сайт ЭТМ. – Режим доступа: <http://www.etm.ru/im>. (дата обращения 17.05.2018).

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Сводная ведомость нагрузок по первому этажу

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Напряжение U, В	Установленная (номинальная) мощность P _у , кВт	Расчетные коэффициенты			Расчетная мощность			Расчетный ток	
					спроса КС	мощности		активная, P _р , кВт	реактивная, Q _р , квар	полная, S _р , кВА	I _р , А	I _{р.мах} , А
						cosφ	tgφ					
1	2	3	u	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Шкаф Шэ											
QF51	Открытие дверей	1	220	0,5	0,5	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	2,53
QF52	Метеостанция	1	220	0,02	0,5	0,9	0,48	0,01	0	0,01	0,05	0,10
	Сеть освещения											
QF4	к.100	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF5	к.101	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF6	к.102	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF7	к.103	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF8	к.104	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF9	к.105	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF10	к.106	1	220	0,264	0,95	0,9	0,48	0,25	0,12	0,28	1,26	1,33
QF11	к.107	1	220	0,297	0,95	0,9	0,48	0,28	0,14	0,31	1,42	1,50
QF12	к.108	1	220	0,198	0,95	0,9	0,48	0,19	0,09	0,21	0,95	1,00
QF13	К.ЗАЛ	1	220	0,462	0,95	0,9	0,48	0,44	0,21	0,49	2,21	2,33
QF14	с/у 1	1	220	0,036	0,95	0,9	0,48	0,03	0,02	0,04	0,17	0,18
QF15	с/у 2	1	220	0,054	0,95	0,9	0,48	0,05	0,02	0,06	0,26	0,27
QF16	с/у 3	1	220	0,054	0,95	0,9	0,48	0,05	0,02	0,06	0,26	0,27
QF17	коридор	1	220	0,726	0,95	0,9	0,48	0,69	0,33	0,77	3,48	3,67

Продолжение приложения А

1	2	3	u	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OF3	Итого по Осветительной сети:	3	380	3,675	0,95	0,9	0,48	3,49	1,68	3,87	5,88	6,20
	Розеточная сеть											
QF19	к.100	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,30	2,87
QF20	к.101	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,30	2,87
QF21	к.101	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,06	3,83
QF22	к.102	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,06	3,83
QF23	к.103	1	220	0,65	0,8	0,95	0,33	0,52	0,17	0,55	2,49	3,11
QF24	к.104	1	220	0,7	0,8	0,95	0,33	0,56	0,18	0,59	2,68	3,35
QF25	к.104	1	220	0,8	0,8	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,06	3,83
QF26	к.105	1	220	1,36	0,8	0,95	0,33	1,09	0,36	1,15	5,21	6,51
QF27	к.106	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,30	2,87
QF28	с/у 1	1	220	1,25	0,8	0,95	0,33	1,00	0,33	1,05	4,79	5,98
QF29	с/у 2	1	220	1,25	0,8	0,95	0,33	1,00	0,33	1,05	4,79	5,98
QF30	с/у 3	1	220	1,25	0,8	0,95	0,33	1,00	0,33	1,05	4,79	5,98
QF31	к.107	1	220	0,6	0,8	0,95	0,33	0,48	0,16	0,51	2,30	2,87
QF32	к.108	1	220	1,2	0,8	0,95	0,33	0,96	0,32	1,01	4,60	5,74
QF33	коридор	1	220	0,75	0,8	0,95	0,33	0,60	0,20	0,63	2,87	3,59
QF34	коридор	1	220	0,75	0,8	0,95	0,33	0,60	0,20	0,63	2,87	3,59
QF35	К.ЗАЛ	1	220	2,2	0,8	0,95	0,33	1,76	0,58	1,85	8,42	10,53
QF36	К.ЗАЛ	1	220	1	0,8	0,95	0,33	0,80	0,26	0,84	3,83	4,78
QF17	Итого по Розеточной сети:	3	380	17,16	0,8	0,95	0,33	13,73	4,53	14,46	21,96	27,44
	Сеть кондиционеров											
QF38	к.100	1	220	2,15	0,7	0,8	0,75	1,51	1,13	1,88	8,55	12,22
QF39	к.101	1	220	3,4	0,7	0,8	0,75	2,38	1,79	2,98	13,52	19,32
QF40	к.102	1	220	2,9	0,7	0,8	0,75	2,03	1,52	2,54	11,53	16,48

Окончание приложения А

1	2	3	и	4	5	6	7	8	9	10	11	12
QF41	к.103	1	220	2,15	0,7	0,8	0,75	1,51	1,13	1,88	8,55	12,22
QF42	к.104	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,65	2,76	12,53	17,90
QF43	к.105	1	220	2,9	0,7	0,8	0,75	2,03	1,52	2,54	11,53	16,48
QF44	к.106	1	220	4,45	0,7	0,8	0,75	3,12	2,34	3,89	17,70	25,28
QF45	к.107	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,65	2,76	12,53	17,90
QF46	к.108	1	220	3,9	0,7	0,8	0,75	2,73	2,05	3,41	15,51	22,16
QF47	К.ЗАЛ	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,65	2,76	12,53	17,90
QF48	К.ЗАЛ	1	220	3,15	0,7	0,8	0,75	2,21	1,65	2,76	12,53	17,90
QF38	Итого по Сети кондиционеров:	3	380	34,45	0,7	0,8	0,75	24,12	18,09	30,14	45,80	65,43
QF1	ИТОГО по Шкафу Шэ:	3	380	55,285	0,74	0,85	0,62	41,34	24,3	48,72	73,64	99,03
	Шкаф Шк											
QF2	к.100	1	220	1	0,8	0,75	0,88	0,80	0,70	1,07	4,84	6,06
QF3	к.101	1	220	0,5	0,8	0,75	0,88	0,40	0,35	0,53	2,42	3,03
QF4	к.102	1	220	0,5	0,8	0,75	0,88	0,40	0,35	0,53	2,42	3,03
QF5	к.103	1	220	5	0,8	0,75	0,88	4,00	3,52	5,33	24,22	30,30
QF6	к.104	1	220	3,5	0,8	0,75	0,88	2,80	2,46	3,73	16,95	21,21
QF7	к.105	1	220	1,5	0,8	0,75	0,88	1,20	1,06	1,60	7,27	9,09
QF8	к.106	1	220	3,5	0,8	0,75	0,88	2,80	2,46	3,73	16,95	21,21
QF9	к.108	1	220	5	0,8	0,75	0,88	4,00	3,52	5,33	24,22	30,30
QF10	коридор	1	220	0,1	0,8	0,75	0,88	0,08	0,07	0,11	0,48	0,61
QF11	коридор	1	220	0,1	0,8	0,75	0,88	0,08	0,07	0,11	0,48	0,61
QF12	К.Зал	1	220	5,5	0,8	0,75	0,88	4,40	3,87	5,86	26,64	33,33
QF1	ИТОГО по Шкафу Шк:	3	380	26,2	0,8	0,75	0,88	20,96	18,44	27,92	42,42	53,08

ПРИЛОЖЕНИЯ Б.

Выбор проводников

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{p,max}, A$	$I_{p,max} / K_{п}, A$	Марка кабеля, кол-во и сечение жил, мм ²	$I_{доп}, A$
1	2	3	4	5	6
QF1	Шкаф Шэ	99,03	99,03	ВВГнг-LS 5×35	105
QF51	Открытие дверей	2,53	2,53	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF52	Метеостанция	0,1	0,1	ВВГнг-LS 3×1,5	19
	Сеть освещения				
QF4	к.100	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF5	к.101	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF6	к.102	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF7	к.103	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF8	к.104	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF9	к.105	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF10	к.106	1,33	1,77	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF11	к.107	1,5	2,00	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF12	к.108	1	1,33	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF13	К.ЗАЛ	2,33	3,11	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF14	с/у 1	0,18	0,24	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF15	с/у 2	0,27	0,36	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF16	с/у 3	0,27	0,36	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF17	коридор	3,67	4,89	ВВГнг-LS 3×1,6	19
	Розеточная сеть				
QF19	к.100	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF20	к.101	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF21	к.101	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF22	к.102	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF23	к.103	3,11	4,15	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF24	к.104	3,35	4,47	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF25	к.104	3,83	5,11	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF26	к.105	6,51	8,68	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF27	к.106	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF28	с/у 1	5,98	7,97	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF29	с/у 2	5,98	7,97	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF30	с/у 3	5,98	7,97	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF31	к.107	2,87	3,83	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF32	к.108	5,74	7,65	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF33	коридор	3,59	4,79	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF34	коридор	3,59	4,79	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF35	К.ЗАЛ	10,53	14,04	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF36	К.ЗАЛ	4,78	6,37	ВВГнг-LS 3×2,5	25
	Сеть кондиционеров				
QF38	к.100	12,22	14,38	ВВГнг-LS 3×2,5	25

Окончание приложения Б

1	2	3	4	5	6
QF39	к.101	19,32	22,73	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF40	к.102	16,48	19,39	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF41	к.103	12,22	14,38	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF42	к.104	17,9	21,06	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF43	к.105	16,48	19,39	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF44	к.106	25,28	29,74	ВВГнг-LS 3×4	35
QF45	к.107	17,9	21,06	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF46	к.108	22,16	26,07	ВВГнг-LS 3×4	35
QF47	К.ЗАЛ	17,9	21,06	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF48	К.ЗАЛ	17,9	21,06	ВВГнг-LS 3×2,5	25
	Сеть питания компьютеров				
QF1	Шкаф Шк	42,42	42,42	ВВГнг-LS 5×10	55
QF2	к.100	6,06	7,13	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF3	к.101	3,03	3,56	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF4	к.102	3,03	3,56	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF5	к.103	30,3	35,65	ВВГнг-LS 3×4	35
QF6	к.104	21,21	24,95	ВВГнг-LS 3×4	35
QF7	к.105	9,09	10,69	ВВГнг-LS 3×2,5	25
QF8	к.106	21,21	24,95	ВВГнг-LS 3×4	35
QF9	к.108	30,3	35,65	ВВГнг-LS 3×4	35
QF10	коридор	0,61	0,72	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF11	коридор	0,61	0,72	ВВГнг-LS 3×1,5	19
QF12	К.Зал	33,33	39,21	ВВГнг-LS 3×10	55

ПРИЛОЖЕНИЯ В.

Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Тип АВ	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания расцепителя	Диапазон срабатывания расцепителя
Шкаф Шэ				
QF1	ABB S803C 250N 3P/3T 125 A	125		
QF2	ABB S803C 3P 16 A (C)	16	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF3	ABB S803C 3P 16 A (B)	16	B	$3 I_H - 5 I_H$
QF4-17	ABB S803C 1P 10 A (B)	10	B	$3 I_H - 5 I_H$
QF18	ABB S803C 3P 32 A (B)	32	B	$3 I_H - 5 I_H$
QF19-36	ABB S803C 1P 16 A (B)	16	B	$3 I_H - 5 I_H$
QF37	ABB S803C 3P 63 A (C)	63	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF38	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF39	ABB S803C 1P 25 A (C)	25	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF40	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF41	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF42	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF43	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF44	ABB S803C 1P 32 A (C)	32	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF45	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF46	ABB S803C 1P 25 A (C)	25	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF47	ABB S803C 1P 32 A (C)	32	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF48	ABB S803C 1P 20 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
Шкаф Шк				
QF1	Шкаф Шк	50	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF2- 4	ABB S803C 3P 50 A (C)	10	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF5	ABB S803C 1P 10 A (C)	32	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF6	ABB S803C 1P 25 A (C)	25	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF7	ABB S803C 1P 10 A (C)	10	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF8	ABB S803C 1P 16 A (C)	20	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF9	ABB S803C 1P 16 A (C)	32	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF10-11	ABB S803C 1P 25 A (C)	1	B	$3 I_H - 5 I_H$
QF12	ABB S803C 1P 16 A (C)	32	C	$5 I_H - 10 I_H$
Щит АВР				
QF1, QF2	ABB S803C 1P 1 A (B)	50	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF3	Щит АВР	1	C	$5 I_H - 10 I_H$
QF4	ABB S803C 3P 50 A (C)	1	C	$5 I_H - 10 I_H$

ПРИЛОЖЕНИЯ Г.

Затраты на приобретение электрооборудования и материалов

Наименование электрооборудования и монтажных работ	Ед. изм	Количество	Стоимость (руб.)	
			Единицы	Всего
1	2	3	4	5
Автоматические выключатели:				
ABB S803C 250N 3P/3T 125 А	шт.	1	7675,0	7675,0
ABB S803C 1P 1 А (В)	шт.	2	142,0	284,0
ABB S803C 1P 1 А (С)	шт.	1	142,0	142,0
ABB S803C 1P 10 А (В)	шт.	13	170,0	2210,0
ABB S803C 1P 10 А (С)	шт.	5	170,0	850,0
ABB S803C 1P 16 А (В)	шт.	20	170,0	3400,0
ABB S803C 1P 16 А (С)	шт.	4	170,0	680,0
ABB S803C 1P 20 А (С)	шт.	9	155,0	1395,0
ABB S803C 1P 25 А (С)	шт.	4	155,0	620,0
ABB S803C 1P 32 А (С)	шт.	2	190,0	380,0
ABB S803C 3P 1 А (С)	шт.	1	488,0	488,0
ABB S803C 3P 16 А (В)	шт.	1	614,0	614,0
ABB S803C 3P 16 А (С)	шт.	1	445,0	445,0
ABB S803C 3P 32 А (В)	шт.	1	679,0	679,0
ABB S803C 3P 50 А (С)	шт.	3	881,0	2643,0
ABB S803C 3P 63 А (С)	шт.	1	902,0	902,0
УЗО:				
ABB S803C 4P 63А 300мА	шт.	1	3009,0	3009,0
ABB S803C 2P 25А 30мА	шт.	7	1016,0	7112,0
ABB S803C 2P 25А 10мА	шт.	1	2133,0	2133,0
Магнитный пускатель SE TeleSys тип D LC1D50AM7	шт.	2	12090,0	24180,0
Реле контроля напряжения SE RM17TA00	шт.	1	6911,0	6911,0
Светосигнальная лампа SE XB5-AVM5	шт.	2	591,0	1182,0
Настенный щиток ДКС 85672 на 72 модуля IP65	шт.	1	8875,0	8875,0
Настенный щиток ДКС 85654 на 54 модуля IP65	шт.	1	7042,0	7042,0
Щит с монтажной панелью ДКС R5ST0652 600x500x200	шт.	1	5778,0	5778,0
Светильники:				
DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	шт.	108	11844,0	1219932,0
CD LED 13 4000К	шт.	5	2771,0	13855,0
Кабели:				
ВВГнг-LS 5x25	м	15	869,0	13035,0
ВВГнг-LS 5x10	м	15	350,0	5250,0

Окончание приложения Г

1	2	3	4	5
ВВГнг-LS 3x4	м	100	89,0	8900,0
ВВГнг-LS 3x2,5	м	3000	75,0	225000,0
ВВГнг-LS 3x1,5	м	1600	37,0	59200,0
Итого				1637201,0
Транспортные и заготовительные расходы (9%)				183841,7
Всего				1821042,7
ABB S803C 3P 63 A (C)	шт.	1	902,0	902,0
УЗО:				
ABB S803C 4P 63A 300мА	шт.	1	3009,0	3009,0
ABB S803C 2P 25A 30мА	шт.	7	1016,0	7112,0
ABB S803C 2P 25A 10мА	шт.	1	2133,0	2133,0
Магнитный пускатель SE TeleSys тип D LC1D50AM7	шт.	2	12090,0	24180,0
Реле контроля напряжения SE RM17TA00	шт.	1	6911,0	6911,0
Светосигнальная лампа SE XB5-AVM5	шт.	2	591,0	1182,0
Настенный щиток ДКС 85672 на 72 модуля IP65	шт.	1	8875,0	8875,0
Настенный щиток ДКС 85654 на 54 модуля IP65	шт.	1	7042,0	7042,0
Щит с монтажной панелью ДКС R5ST0652 600x500x200	шт.	1	5778,0	5778,0
Светильники:				
DR. OPL ECO LED 595 4000K SET	шт.	108	11844,0	1219932,0
С 360/118 HF	шт.	5	2771,0	13855,0
Кабели:				
ВВГнг-LS 5x25	м	15	869,0	13035,0
ВВГнг-LS 5x10	м	15	350,0	5250,0
ВВГнг-LS 5x2,5	м	20	120,0	2400,0
ВВГнг-LS 3x4	м	100	89,0	8900,0
ВВГнг-LS 3x2,5	м	3000	75,0	225000,0
ВВГнг-LS 3x1,5	м	1600	37,0	59200,0
Итого				1637201,0
Транспортные и заготовительные расходы (9%)				183841,7
Всего				1821042,7

ПРИЛОЖЕНИЯ Д

Бланк ответа
На дидактический тест
для проведения контрольного опроса обучающихся
по дисциплине «Электротехника и электроника»
по специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

ФИО студента _____

Группа _____

Дата _____

Ответы:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. 1.____ 2.____ 3.____ 4.____ 5.____ 6.____ 7.____
7. _____
8. _____
9. 1.____ 2.____ 3.____ 4.____ 5.____ 6.____ 7.____
10. _____
11. _____
12. _____
13. _____
14. _____
15. _____
16. _____
17. _____
18. _____
19. _____
20. _____

Подпись студента _____

Оценка _____

Проверил _____

(должность)

(подпись)

(ФИО)

ПРИЛОЖЕНИЯ Е

Ключ ответов
Для дидактического теста
для проведения контрольного опроса обучающихся
по дисциплине «Электротехника и электроника»
по специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

1. 4
2. Линий электропередач
3. Воздушная линия
4. 2
5. 2, 1, 4, 3
6. 1-Е, 2-В, 3-А, 4-Д, 5-С
7. 3
8. Строительство ЛЭП
9. 1-Е, 2-С, 3- Д, 4-В, 5-А
10. 3
11. ПУЭ и СНиП
12. 4
13. 5, 1, 4, 2, 3
14. 1
15. ИЗОЛЯТОР ЛИНЕЙНЫЙ
16. 4
17. 1, 5, 2, 4, 3,
18. 2
19. 1955
20. 2

ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

Расчетная схема, схема замещения, упрощенная схема замещения

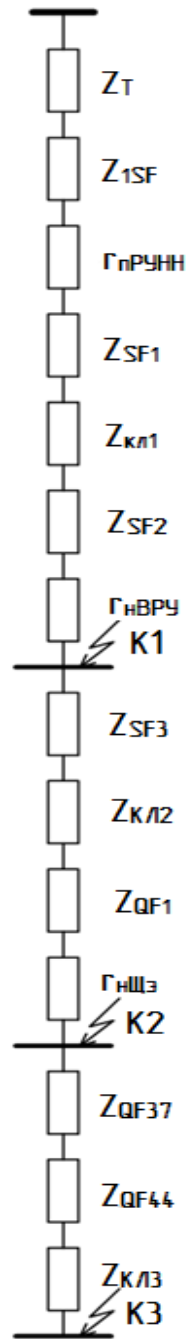
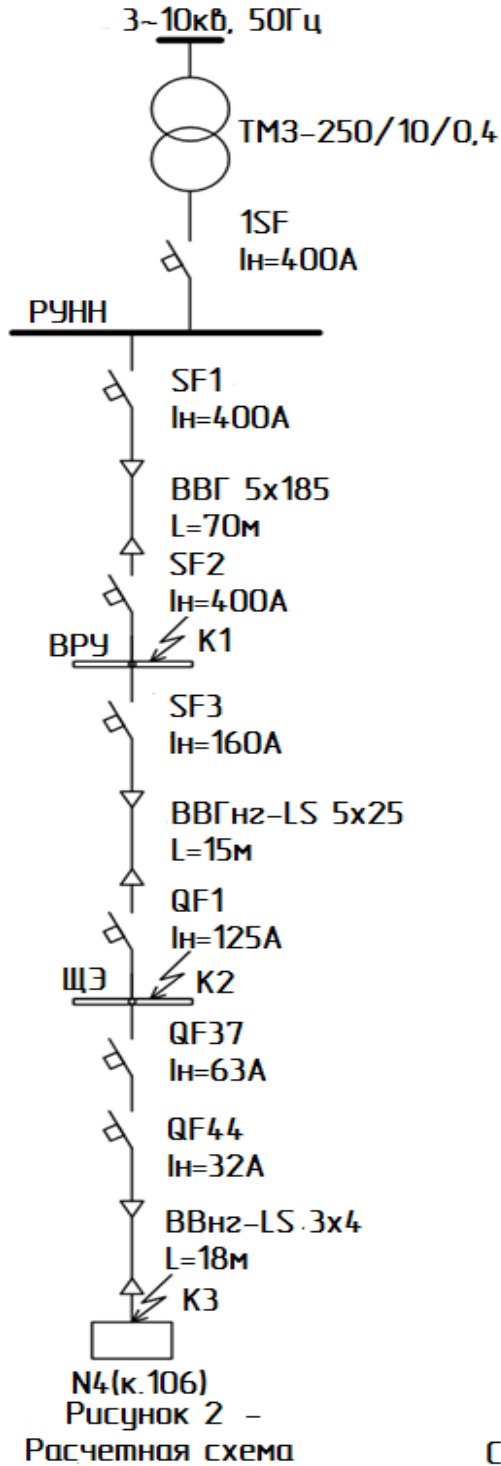


Рисунок 3 -
 Схема замещения

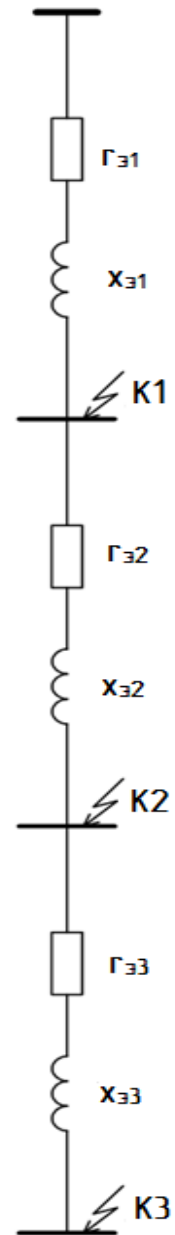


Рисунок 4 -
 Схема замещения
 упрощенная