

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

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль подготовки «Энергетика»
специализация «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений
и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 633

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

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Исполнитель:
студент группы ЗЭС-404С _____ А.А. Садрутдинов

Руководитель:
ст.преподаватель кафедры ЭТ _____ И.М. Морозова

Нормоконтролер:
ст.преподаватель кафедры ЭТ _____ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 53 страницах, содержит 5 рисунков, 4 таблицы, 30 источников информации, 3 приложения на 4 страницах.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, АВТОРЕМОНТНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ.

Садрутдинов А. А. «Разработка системы электроснабжения авторемонтного предприятия»: выпускная квалификационная работа/ А. А. Садрутдинов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. Энергетики и транспорта. – Екатеринбург. 2018. – 53с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка системы электроснабжения авторемонтного предприятия». В работе рассмотрен процесс разработки проекта системы электроснабжения малого предприятия.
2. Цель работы: разработать проект системы электроснабжения авторемонтного предприятия.
3. В ходе выпускной квалификационной работы выполнен анализ технической литературы, расчёт электрических нагрузок потребителей, произведен расчет допустимых потерь, произведен расчет заземления, разработан проект электроснабжения авторемонтным предприятием.
4. В данной выпускной квалификационной работе была разработана система электроснабжения авторемонтного предприятия в соответствии с действующими нормами и правилами при использовании самых современных электротехнических материалов и электрооборудования. Данный расчёт может применяться в промышленном, гражданском строительстве объектов разного назначения.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	8
1.1 Краткая характеристика потребителей авторемонтного предприятия	10
1.2 Схема и разводка электрической сети.....	12
2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	14
2.1 Приведение однофазных к условным трех фазным нагрузкам .	14
2.2 Перевод трехфазного повторно-кратковременного режима к длительному режиму	15
2.3 Распределение нагрузок.....	16
2.3.1 Расчёт силового показателя сборки	16
2.3.2 Расчёт активной, реактивной и полной мощности для каждой группы электроприемников	17
2.3.3 Расчёт коэффициентов использования, мощности, $\tan\varphi$ для каждой группы электроприемников.....	18
2.3.4 Определяем эффективное количество электроприемников.....	19
2.3.6 Определяем максимальные мощности для каждого электроприёмника	21
2.3.7 Расчёт максимальных токов для каждой группы электроприемников	22
2.3.8 Расчёт полной нагрузки за смену.....	23
2.3.9 Расчёт максимальной нагрузки за смену.....	23
2.3.10Расчёт потерь в трансформаторе.....	24

2.3.11	Расчёт максимальных значений мощности с учётом потерь	25
2.4	Расчёт и выбор компенсирующего устройства	26
2.5	Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения	26
2.6	Расчет заземления авторемонтного предприятия	37
2.7	Разработка руководства по эксплуатации водонагревателя OASIS VG-100L.....	42
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	53
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	54
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	56

ВВЕДЕНИЕ

Система электроснабжения – это совокупность взаимосвязанных энергоустановок, осуществляющих электроснабжение района, города, предприятия.

Проект системы электроснабжения – это представленная модель будущей системы в виде схем, чертежей и таблиц, созданных в результате логического анализа исходных данных на основе расчетов.

Проектирование системы электроснабжения любого объекта является определяющим фактором, обуславливающим его хозяйственную деятельность, нормальные условия функционирования и развитие на долгосрочную перспективу. Такими объектами народного хозяйства могут служить промышленные предприятия любой направленности, а также объекты городского и сельского хозяйства.

Авторемонтное предприятие – это система производственных зданий и сооружений, технологического оборудования и оснастки, исполнителей и технической документации, способная выполнять капитальный ремонт автомобилей одной или нескольких марок и (или) их агрегатов.

Система всех производственных объектов авторемонтного предприятия составляет его структуру, включающую цеха, участки и службы, а также связи между ними, возникающие в процессе эксплуатации предприятия. От структуры авторемонтного предприятия зависит его пропускная способность, удобство для клиента, а, следовательно, и прибыльность. Это говорит о необходимости грамотного проектирование структуры предприятия с учетом таких факторов как численность работников, пропускная способность, виды используемого технологического оборудования и предоставляемых услуг.

В настоящее время на рынке оказания авторемонтных услуг на фоне растущего спроса имеет место сильная конкуренция, что говорит о

необходимости увеличения конкурентоспособности таких предприятий. Одним из инструментов ее увеличения становится организация наиболее оптимальной и удобной потребителю инфраструктуры, которая позволила бы увеличить качество и скорость выполняемых работ, что является определяющим фактором при выборе потребителем поставщика авторемонтных услуг.

Для того, что бы авторемонтное предприятие предоставляло авторемонтные услуги качественно и бесперебойно необходим правильный расчет системы электроснабжения.

Объектом исследования является авторемонтное предприятие.

Предметом исследования является электроснабжение авторемонтного предприятия.

Цель работы: разработать проект системы электроснабжения авторемонтного предприятия.

Задачи работы:

- разработать проект электроснабжения;
- произвести анализ электрических нагрузок потребителей;
- произвести расчет допустимых потерь;
- произвести расчет заземления;
- проанализировать литературу, посвященную электроснабжению

предприятий.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В данной выпускной квалификационной работе требуется разработать систему электроснабжения авторемонтного предприятия.

Авторемонтное предприятие (далее АРП) – это предприятие, предоставляющее услуги населению и организациям по плановому техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам, устранению поломок, установке дополнительного оборудования (тюнингу), восстановительному (кузовному) ремонту автомобилей. АРП представляет собой комплекс сооружений и механизмов (подъёмники, рихтовочные стенды, стенд развала-схождения, установка для замены масла, промывки топливной системы, рихтовочное и покрасочно-сушильное оборудование, стенды и проверочники для диагностики электроцепей автомобиля), а также ручной и пневматический инструмент, собранные в одном месте для комплексного ремонта и обслуживания автомобилей.

Авторемонтное предприятие расположено по адресу: Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Луганская, 59/1. АРП находится на условных границах между крупными районами города, такими как Ленинский, Октябрьский, Чкаловский. Данное расположение позволяет достаточно оперативно и в любое время произвести диагностику и срочный ремонт автомобиля. В АРП всегда в наличии все виды масел и необходимых запчастей, что значительно сокращает время обслуживания и ремонта. Также имеются «подменные» автомобили для удобства деловых людей. АРП очень хорошо освещена снаружи в вечернее и ночное время.

АРП представляет собой капитальное строение с расположенными внутри помещениями:

- ремонтно-технологическими;
- складскими;

– бытовыми.

Электроснабжение (ЭСН) осуществляется от распределительной установки, расположенной в соседнем корпусе на территории промышленной зоны.

По категории надёжности авторемонтное предприятие относится к потребителям третьей категории.

Внутренняя проводка для защиты от механических повреждений выполняется в перфорированных лотках с крышками.

Количество рабочих смен – 1.

Грунт в районе АРП – супесь с температурой +8 °С.

Здание авторемонтного предприятия имеет свою собственную систему заземления, выполненную из прутковых электродов.

Размеры здания, в котором расположено АРП имеет следующие габаритные размеры: АхВхН=30х18х9 м, где: А – длина (м), В – ширина (м), Н – высота здания (м).

Перечень электрооборудования авторемонтного предприятия предоставлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень электрооборудования авторемонтного предприятия

№ на Плане	Наименование электрооборудования	Мощность Р _{эп} , кВт	Примечание
1	2	3	4
1, 2, 3	Подъёмник двухстоечный 4Т	2,2	-
4, 5	Подъёмник четырёхстоечный 4Т	2,2	-
6	Подъёмник четырёхстоечный для развала – схождения	3,0	-
7	Поршневой компрессор	2,2	1-фазный
8	Сварочный полуавтомат	3,5	ПВ=25%
9	Устройство пуско-зарядное Volta S-400	4,0	ПВ=30%; 1-фазный
10-15	Розетки рабочего места 220В (ремзона) - бшт	1,5	1-фазная
16-21	Силовой разъём рабочего места 380В (ремзона) - бшт	2	-
22	Реклама наружная	1,5	1-фазная
23, 24	Водонагреватель Forte Home "Oasis VG"	1,7	1-фазная

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
25	Привод ворот	0,5	1-фазная
26	Тепловая завеса (вход клиентов)	5,0	1-фазная
27, 28	Тепловая завеса (ремонтная зона) - 2шт	9,0	-
29	Оборудование котельной	1,2	1-фазная
30	Циркуляционный насос	0,2	1-фазная
31	Розетки клиентской зоны (телевизор)	0,6	1-фазная
32	Розетки рабочих столов (компьютер)	0,85	1-фазная
33	Розетки стола менеджера (Компьютер, принтер, сканер)	1	1-фазная

План расположения электрооборудования авторемонтного предприятия показан в приложении А.

1.1 Краткая характеристика потребителей авторемонтного предприятия

АРП предназначено для ремонтно-восстановительных работ автотранспортных средств. Большая часть заказов клиентов сводятся к диагностике и ремонту ходовой части автомобиля.

Для выполнения этого вида работ в ремонтном цехе предприятия установлено основное оборудование:

1. Подъемник двухстоечный г/п 4000 кг. электрогидравлический Red Line Premium. Данный подъемник предназначен для проведения общеслесарных работ по ремонту легковых автомобилей и легких внедорожников.

2. Подъемник четырехстоечный г/п 5000 кг. электрогидравлический Red Line Premium. Предназначен для проведения общеслесарных работ по ремонту внедорожников, а также легкого коммерческого транспорта.

3. Подъемник четырехстоечный для сход-развала г/п 5000 кг. Werther oma. Четырех стоечный подъемник был сконструирован для подъема автотранспортных средств, для проведения технических работ и работ по настройке развал/схождения.

4. Поршневой компрессор CAT V65-100. Профессиональный компрессор с ременным приводом с использованием V-образного узла насоса, изготовленного из чугуна. Предназначен для работы в тяжелых эксплуатационных условиях.

5. Сварочный аппарат полуавтомат RedHotDot HOT MIG-27 предназначен для кузовного ремонта, а также для слесарных и ремонтных цехов. Используется для сварки обычной и нержавеющей стали, алюминия, сварки-пайки высокопрочных сталей проволокой типа CuSi и CuAl, прихватывания с регулируемым диаметром точки.

6. Устройство пускозарядное VOLTA S-400 служит для зарядки обслуживаемых свинцовых аккумуляторов напряжением 12/24 В и емкостью 30-400 Ач, а так же для запуска автомобильных двигателей.

Все электроприёмники авторемонтного предприятия относятся к потребителям третьей категории надежности по электроснабжению.

Электроприёмники третьей категории – электроприёмники, электроснабжение которых может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают суток.

Классифицируют электроприёмники по напряжению, роду тока, мощности, режиму работы.

По напряжению электроприёмники различают на низковольтные и высоковольтные. Низковольтные – напряжение их составляет до 1000В, и высоковольтные – напряжением более 1000В.

Всё электрооборудование в авторемонтном предприятии относится к потребителям низкого напряжения, так как все установки работают от сети 220/380В.

По роду тока различают электроприёмники, работающие от сети:

- переменного тока промышленной частоты 50Гц;
- переменного тока повышенной или пониженной частоты;

- постоянного тока.

В АРП все электроприёмники работают от сети переменного тока промышленной частоты 50Гц.

По мощности электроприёмники различают: малой мощности – до 10кВт; средней мощности – до 100кВт, большой мощности – свыше 100кВт.

В авторемонтном предприятии всё электрооборудование является электроприёмниками малой мощности и работающие в кратковременно режиме.

По режиму работы электроприёмники делят на три группы:

- длительный режим – это режим, в котором электрические машины работают длительное время, при этом не перегреваясь;
- повторно-кратковременный режим – это режим, в котором рабочие периоды работы чередуются с периодами пауз, а длительность всего цикла не превышает десяти минут;
- кратковременный режим – это режим, в котором рабочий период не столько длителен, чтобы температуры отдельных частей машины могли достигнуть установившегося значения, период же остановки машины настолько длителен, что машина успевает охладиться до температуры окружающей среды.

В рассматриваемом нами авторемонтном предприятии все электроустановки работают только в кратковременном режиме.

1.2 Схема и разводка электрической сети

Вид схемы электроснабжения зависит от расположения электроприемников.

Если электроприемники расположены упорядоченно, то выбирается магистральная схема, которая выполняется шинпроводами. Количество трансформаторов зависит от категории электроприемников:

- первая категория – $n \geq 2$;

- вторая категория – $n \leq 2$;
- третья категория – $n = 1$.

В том случае, когда подстанция двухтрансформаторная, то нагрузка на трансформаторы должна быть равномерной.

Если электроприемники расположены неупорядоченно, то выбирается радиальная схема, которая выполняется кабелями, идущими от распределительных пунктов.

Также существует смешанная схема – это когда часть электроприемников запитывается от распределительных пунктов, а другая часть – от шинпровода.

Так как в АРП электроприемники расположены неупорядочено, то для проектирования выбираем радиальную схему электроснабжения.

Электроприемники АРП относятся к третьей категории надежности, следовательно, для проектирования выбираем однотрансформаторную подстанцию (ТП) без ввода резерва.

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Методика расчётов приведенная в данной главе выполнена согласно [27].

2.1 Приведение однофазных к условным трех фазным нагрузкам

Приведение однофазных нагрузок к условным трех фазным нагрузкам по формулам:

Нагрузки распределяются по фазам (А, В, С) с наибольшей равномерностью и рассчитывается величина неравномерности H по формуле:

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} + P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нм}}} * 100\%, \quad (1)$$

где $P_{\text{ф.нб}}$ и $P_{\text{ф.нм}}$ – мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

$$P_{\text{В}} = P_{\text{ф.нб}} = \frac{2P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 2P_{\text{н}}, \quad (2)$$

$$P_{\text{А}} = P_{\text{С}} = P_{\text{ф.нм}} = \frac{P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 1,5P_{\text{н}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{н}}$ – приведенная активная мощность, кВт.

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} + P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нм}}} 10^2 > 15\%, \quad (4)$$

Если условие выполняется, то считаем по формуле:

$$P_{\text{у}} = 3P_{\text{ф.нб}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{у}}$ – условная приведенная мощность, кВт.

Пользуясь формулами (1) – (5) произведём расчёт для *поршневого компрессора*:

$$P_{\text{В}} = P_{\text{ф.нб}} = \frac{2P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 2 * 2,2 = 4,4 \text{ кВт};$$

$$P_A = P_C = P_{\text{ф.нм.}} = \frac{P_H + 2P_H}{2} = 1,5 * 2,2 = 3,3 \text{ кВт};$$

$$H = \frac{4,4 - 3,3}{4,4} * 10^2 = 25\% > 15\%;$$

$$P_y = 3 * 4,4 = 13,2 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем для нагрузки – устройство пуско-зарядное Volta S-400

$$P_B = P_{\text{ф.нб.}} = \frac{2P_H + 2P_H}{2} = 2 * 4 = 8 \text{ кВт};$$

$$P_A = P_C = P_{\text{ф.нм.}} = \frac{P_H + 2P_H}{2} = 1,5 * 4 = 6 \text{ кВт};$$

$$H = \frac{8 - 6}{8} * 10^2 = 25\% > 15\%;$$

$$P_y = 3 * 8 = 24 \text{ кВт.}$$

Далее рассчитываем оставшиеся однофазные нагрузки в соответствии с примерами приведёнными выше и заполняем сводную ведомость приложение Б.

2.2 Перевод трехфазного повторно-кратковременного режима к длительному режиму

После перевода нагрузок к трехфазным необходимо привести их к длительному режиму по формуле:

$$P_H = P_{\Pi} \sqrt{\text{ПВ}}, \quad (6)$$

где ПВ – продолжительность включения, относительных единицах;

P_{Π} – мощность потребителя, кВт;

P_H – номинальная мощность потребителя, кВт.

Рассчитаем для нагрузки *устройство пуско-зарядное Volta-S400*
 ПВ=30%:

$$P_H = 24 \sqrt{0,3} = 13,14 \text{ кВт.}$$

Для нагрузки *сварочный полуавтомат* ПВ=25%:

$$P_H = 3,5 \sqrt{0,25} = 1,75 \text{ кВт.}$$

Полученные данные занесём в сводную ведомость приложение Б.

2.3 Распределение нагрузок

Так как наше здание имеет два этажа, на первом расположена ремонтное помещение и котельная, а на втором этаже административно-бытовые помещения. Силовая линия питания приходит на первый этаж, то на первом этаже расположим силовой шкаф, в котельной расположим силовой щит ЩС-котельной для технологического оборудования котельной, на втором этаже расположим силовой щит ЩС для бытовых помещений.

2.3.1 Расчёт силового показателя сборки

Определение показателя m – силовой сборки в группе производится по формуле:

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}}, \quad (7)$$

где $P_{н.нб}$, $P_{н.нм}$ – номинальные приведенные к длительному режиму активные мощности электроприемников наибольшего и наименьшего в группе, кВт.

После произведенного расчета данные заносятся в колонку №8 Сводной ведомости приложение Б.

Рассчитаем для силового щита *ЩС-1* соответственно:

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{54}{1,75} = 31 > 3.$$

Рассчитаем для силового щита котельной *ЩС-котельная* соответственно

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{7,2}{1,2} = 6 > 3.$$

Рассчитаем для силового щита *ЩС-2* соответственно

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{10,2}{0,78} = 13 > 3.$$

Рассчитаем для силового щита ворот *ЩС-ворота* соответственно

$$m = \frac{P_{\text{н.нб}}}{P_{\text{н.нм}}} = \frac{18}{3} = 6 > 3.$$

Все полученные данные заносим в сводную ведомость приложение Б.

2.3.2 Расчёт активной, реактивной и полной мощности для каждой группы электроприемников

Определяются по формулам:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} P_{\text{н}\Sigma}, \quad (8)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \tan \varphi, \quad (9)$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}, \quad (10)$$

где $S_{\text{см}}$ – максимальная полная нагрузка, кВА;

$P_{\text{см}}$ – средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену, кВт;

$Q_{\text{см}}$ – средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную смену, кВАр;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования электроприемников, отн. ед.;

$P_{\text{н}}$ – номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, кВт;

$\tan \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, отн. ед.

Результаты соответственно заносятся в колонки 9, 10, 11 Сводной ведомости приложение Б.

Определяем активную, реактивную и полную мощность для силового щита *ЩС-1 – Поршневого компрессор*:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} P_{\text{н}\Sigma} = 0,7 * 13,14 = 9,24 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \tan \varphi = 9,24 * 0,75 = 6,93 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{9,24^2 + 6,93^2} = 11,55 \text{ кВА}.$$

Устройство пуско-зарядное Volta-S400:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} P_{\text{н}\Sigma} = 0,25 * 13,14 = 3,29 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \tan \varphi = 3,29 * 2,67 = 8,77 \text{ кВАр};$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2} = \sqrt{3,29^2 + 8,77^2} = 9,37 \text{кВА.}$$

Далее для всех потребителей расчёты ведутся аналогичным способом.

2.3.3 Расчёт коэффициентов использования, мощности, $\tan\varphi$ для каждой группы электроприемников

Коэффициент использования, мощности и $\tan\varphi$ для каждой группы электроприемников определяются по следующим формулам:

$$K_{и.ср} = \frac{P_{см.Σ}}{P_{н.Σ}}, \quad (11)$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{см.Σ}}{S_{см.Σ}}, \quad (12)$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_{см.Σ}}{P_{см.Σ}}, \quad (13)$$

где $P_{н.Σ}$ и $P_{н.Σ}$ – это суммы активных мощностей за смену и номинальных в группе электроприёмников, кВт;

$Q_{см.Σ}$ – сумма реактивных мощностей за смену в группе электроприёмников, кВАр;

$S_{см.Σ}$ – сумма полных мощностей за смену в группе электроприёмников, кВА.

Производим расчет для силовых щитов *ЩС-1*, *ЩС-2*, *ЩС-котельная*, *ЩС-ворота*. После произведенных расчетов результаты соответственно заносятся в колонки 5, 6, 7 Сводной ведомости приложение Б.

Рассчитаем для щита силового *ЩС-1*:

$$K_{и.ср} = \frac{P_{см.Σ}}{P_{н.Σ}} = \frac{55,68}{123,3} = 0,45;$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{см.Σ}}{S_{см.Σ}} = \frac{55,68}{68,07} = 0,82;$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_{см.Σ}}{P_{см.Σ}} = \frac{31,6}{55,68} = 0,57.$$

Далее для всех групп потребителей расчёты ведутся аналогичным способом.

2.3.4 Определяем эффективное количество электроприемников

Эффективное количество электроприемников $n_{\text{э}}$ определяется по таблице из [27]:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}), \quad (14)$$

где n – фактическое число электроприемников в группе;

m – показатель силовой сборки в группе;

$K_{\text{и.ср}}$ – средний коэффициент использования группы электроприемников;

$P_{\text{н}}$ – номинальная активная групповая мощность, кВт.

Полученные данные заносится в 12 колонку Сводной ведомости приложение Б:

Для щита силового *ЩС-1*:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (23; 31; 0,45; \text{переменная}) = 9.$$

Рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} = \frac{2 \cdot 61,67}{13,2} = 9,34 \approx 9.$$

Для силового щита котельной *ЩС-котельная*:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (2; 6; 0,61; \text{переменная}) = 1;$$

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum_1^n P_{\text{н}})^2}{\sum_1^n P_{\text{н}}^2} = \frac{8,4^2}{7,2^2 + 1,2^2} = 1,32 \approx 1.$$

Для силового щита *ЩС-2*:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (10; 13; 0,47; \text{переменная}) = 10;$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} = \frac{2 \cdot 50,4}{10,2} = 9,88 \approx 10.$$

Для силового щита ворот *ЩС-ворота*:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (3; 6; 0,53; \text{переменная}) = 2;$$

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum_1^n P_H)^2}{\sum_1^n P_H^2} = \frac{12^2}{3^2 + 9^2} = 1,6 \approx 2.$$

2.3.5 Определяем коэффициенты максимума для каждой группы электроприемников

Коэффициент максимума для каждой группы электроприемников $K_M = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}})$ определяется по таблице [27] и результат заносится в колонку 13

Сводной ведомости:

Для *ЩС-1*:

$$K_M = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,45; 9) = 1,42.$$

Для *ЩС-котельная*:

$$K_M = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,61; 1) = 2,19.$$

Для *ЩС-2*:

$$K_M = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,47; 10) = 1,37.$$

Для *ЩС-ворота*:

$$K_M = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,53; 1) = 2,42.$$

Также коэффициент максимума K_M при отсутствии таблицы можно найти по формуле:

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_{\text{э}}}} \sqrt{\frac{1 - K_{\text{и.ср}}}{K_{\text{и.ср}}}}, \quad (15)$$

где $n_{\text{э}}$ – эффективное количество электроприемников;

$K_{\text{и.ср}}$ – средний коэффициент использования группы электроприемников.

Для силового щита котельной *ЩС-котельная* рассчитаем:

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_{\text{э}}}} \sqrt{\frac{1 - K_{\text{и.ср}}}{K_{\text{и.ср}}}} = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1 - 0,27}{0,27}} = 2,19.$$

Для силового щита ворот *ЩС-ворота* рассчитаем:

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_{\text{э}}}} \sqrt{\frac{1 - K_{\text{и.ср}}}{K_{\text{и.ср}}}} = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{1}} \sqrt{\frac{1 - 0,53}{0,53}} = 2,42.$$

В соответствии с практикой проектирования принимается $K'_M = 1,1$ при $n_э \leq 10$; $K'_M = 1$ при $n_э > 10$.

То есть для всех групп потребителей $K'_M = 1,1$ так как $n_э \leq 10$ для этих случаев.

2.3.6 Определяем максимальные мощности для каждого электроприёмника

Максимальные мощности для каждого электроприемника определяются по формулам:

$$P_M = K_M P_{CM}, \quad (16)$$

$$Q_M = K'_M Q_{CM}, \quad (17)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}, \quad (18)$$

где P_M – максимальная активная нагрузка, кВт;

Q_M – максимальная реактивная нагрузка, кВАр;

S_M – максимальная полная нагрузка, кВ·А;

K_M – коэффициент максимума активной нагрузки;

K'_M – коэффициент максимума реактивной нагрузки;

P_{CM} – средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену, кВт;

Q_{CM} – средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную смену, кВАр.

Полученный результат заносится в колонки 15, 16, 17 Сводной ведомости приложение Б.

Рассчитаем для силового щита *ЩС-1*:

$$P_M = K_M P_{CM} = 1,42 \cdot 55,68 = 79,06 \text{ кВт};$$

$$Q_M = K'_M Q_{CM} = 1,1 \cdot 31,6 = 34,76 \text{ кВАр};$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{79,06^2 + 34,76^2} = 86,37 \text{ кВА}.$$

Рассчитаем для силового щита котельной *ЩС-котельная*:

$$P_M = K_M P_{CM} = 2,19 \cdot 5,16 = 11,29 \text{ кВт};$$

$$Q_M = K'_M Q_{CM} = 1,1 \cdot 3,87 = 4,26 \text{ кВАр};$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{11,29^2 + 4,26^2} = 12,07 \text{кВА.}$$

Для силового щита *ЩС-2*:

$$P_M = K_M P_{CM} = 1,37 \cdot 22,29 = 30,54 \text{кВт;}$$

$$Q_M = K_M Q_{CM} = 1,1 \cdot 6,96 = 7,66 \text{кВАр;}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{30,54^2 + 7,66^2} = 31,49 \text{кВА.}$$

Для силового щита ворот *ЩС-ворота*:

$$P_M = K_M P_{CM} = 2,42 \cdot 11,1 = 26,82 \text{кВт;}$$

$$Q_M = K_M Q_{CM} = 1,1 \cdot 8,62 = 9,48 \text{кВАр;}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{26,82^2 + 9,48^2} = 28,45 \text{кВА.}$$

2.3.7 Расчёт максимальных токов для каждой группы электроприемников

Рассчитываем ток на РУ по формуле и результат занесём в колонку 18 Сводной ведомости приложение Б:

$$I_M = \frac{S_M}{U_L \sqrt{3}}, \quad (19)$$

где I_M – максимальный ток распределительного устройства, А;

S_M – максимальная полная мощность распределительного устройства, кВА;

U_L – линейное напряжение сети, кВ.

Рассчитаем для силового щита *ЩС-1*:

$$I_{M(РП1)} = \frac{S_{M(ЩС-1)}}{U_L \sqrt{3}} = \frac{86,37}{0,38 \sqrt{3}} = 131,22 \text{А.}$$

Рассчитаем для силового щита котельной *ЩС-котельная*:

$$I_{M(РП2)} = \frac{S_{M(ЩС-котельная)}}{U_L \sqrt{3}} = \frac{12,07}{0,38 \sqrt{3}} = 18,34 \text{А.}$$

Рассчитаем для силового щита *ЩС-2*:

$$I_{M(РП3)} = \frac{S_{M(ЩС-2)}}{U_L \sqrt{3}} = \frac{31,49}{0,38 \sqrt{3}} = 47,84 \text{А.}$$

Рассчитаем для силового щита ворот *ЩС-ворота*:

$$I_{M(PP2)} = \frac{S_{M(ЩС-ворота)}}{U_{л}\sqrt{3}} = \frac{28,45}{0,38\sqrt{3}} = 43,23\text{А.}$$

2.3.8 Расчёт полной нагрузки за смену

Определяем полную среднюю нагрузку вводно-распределительного устройства (ВРУ) за смену, полученный результат заносится в колонки 9, 10, 11 Сводной ведомости Приложение Б:

$$\begin{aligned} P_{см(НН)} &= P_{см(ЩС-1)} + P_{см(ЩС-котельная)} + P_{см(ЩС-2)} + P_{см(ЩС-ворота)} \\ &= 55,68 + 5,16 + 22,29 + 11,1 = 94,23\text{кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{см(НН)} &= Q_{см(ЩС-1)} + Q_{см(ЩС-котельная)} + Q_{см(ЩС-2)} + Q_{см(ЩС-ворота)} \\ &= 31,06 + 3,87 + 6,96 + 8,62 = 51,05\text{кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{см(НН)} &= S_{см(ЩС-1)} + S_{см(ЩС-котельная)} + S_{см(ЩС-2)} + S_{см(ЩС-ворота)} \\ &= 68,07 + 6,45 + 23,36 + 14,1 = 11,98\text{кВт}. \end{aligned}$$

2.3.9 Расчёт максимальной нагрузки за смену

Аналогично рассчитываем максимальные нагрузки на ВРУ, полученный результат заносится в колонки 15, 16, 17 Сводной ведомости приложение Б:

$$\begin{aligned} P_{M(НН)} &= P_{M(ЩС-1)} + P_{M(ЩС-котельная)} + P_{M(ЩС-2)} + P_{M(ЩС-ворота)} \\ &= 79,06 + 11,29 + 30,54 + 26,82 = 147,72\text{кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{M(НН)} &= Q_{M(ЩС-1)} + Q_{M(ЩС-котельная)} + Q_{M(ЩС-2)} + Q_{M(ЩС-ворота)} \\ &= 34,76 + 4,26 + 7,66 + 9,48 = 56,16\text{кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M(НН)} &= S_{M(ЩС-1)} + S_{M(ЩС-котельная)} + S_{M(ЩС-2)} + S_{M(ЩС-ворота)} \\ &= 86,37 + 12,07 + 31,49 + 28,45 = 158,37\text{кВт}. \end{aligned}$$

Рассчитаем значения $\cos \varphi$ и $\tan \varphi$ по формулам и занесём результат в 5, 6, 7 столбцы Сводной таблицы (Приложение Б):

$$\cos \varphi = \frac{P_{M(НН)}}{S_{M(НН)}}, \quad (20)$$

где $\cos \varphi$ – коэффициент мощности, отн. ед.;

$P_{M(НН)}$ – максимальная активная мощность без учёта потерь, кВт;

$S_{M(НН)}$ – максимальная полная мощность без учёта потерь, кВА;

$$\tan \varphi = \frac{Q_{M(НН)}}{P_{M(НН)}}, \quad (21)$$

где $\tan \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, отн. ед.;

$Q_{M(НН)}$ – максимальная реактивная мощность без учёта потерь, кВАр.

$$\cos \varphi = \frac{P_{M(НН)}}{S_{M(НН)}} = \frac{147,72}{158,37} = 0,93;$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_{M(НН)}}{P_{M(НН)}} = \frac{56,16}{147,72} = 0,38.$$

2.3.10 Расчёт потерь в трансформаторе

Расчёт потерь в трансформаторе, результаты расчётов заносятся в колонки 15, 16, 17 сводной ведомости Приложение Б.

Полный расчёт потерь в трансформаторе производится по следующим формулам:

$$\Delta P_T = 0,02 S_{M(НН)}, \quad (22)$$

где ΔP_T – активные потери в сети, кВт,

$S_{M(НН)}$ – максимальная полная мощность без учёта потерь, кВА.

$$\Delta Q_T = 0,1 S_{M(НН)}, \quad (23)$$

где ΔQ_T – реактивные потери в сети, кВАр.

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2}, \quad (24)$$

где ΔS_T – полные потери в сети, кВА.

Рассчитаем потери по формулам (22), (23) и (24):

$$\Delta P_T = 0,02 S_{M(НН)} = 0,02 \cdot 158,37 = 3,17 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1S_{M(HH)} = 0,1 \cdot 158,37 = 15,84 \text{кВАр};$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{3,17^2 + 15,84^2} = 16,5 \text{кВА}.$$

2.3.11 Расчёт максимальных значений мощности с учётом потерь

Рассчитываются значения $P_{M(BH)}$, $Q_{M(BH)}$, $S_{M(BH)}$ с учётом потерь по формулам:

$$P_{M(BH)} = P_{M(HH)} + \Delta P_T, \quad (25)$$

где $P_{M(BH)}$ – максимальная активная мощность с учётом потерь, кВт.

$$Q_{M(BH)} = Q_{M(HH)} + \Delta Q_T, \quad (26)$$

где $Q_{M(BH)}$ – максимальная реактивная мощность с учётом потерь, кВАр.

$$S_{M(BH)} = S_{M(HH)} + \Delta S_T, \quad (27)$$

где $S_{M(BH)}$ – максимальная полная мощность с учётом потерь, кВА.

Рассчитаем максимальные значения мощностей с учётом потерь по формулам (25), (26) и (27):

$$P_{M(BH)} = P_{M(HH)} + \Delta P_T = 147,72 + 3,17 = 150,89 \text{кВт};$$

$$Q_{M(BH)} = Q_{M(HH)} + \Delta Q_T = 56,16 + 15,84 = 72 \text{кВАр};$$

$$S_{M(BH)} = S_{M(HH)} + \Delta S_T = 158,37 + 16,5 = 174,52 \text{кВА}.$$

Рассчитываем расчётную мощность трансформатора с учётом потерь, но без компенсации реактивной мощности по формуле:

$$S_T \geq S_P = 0,7S_{M(BH)}, \quad (28)$$

где $S_{M(BH)}$ – максимальная полная мощность с учётом потерь, кВА;

S_T – мощность трансформатора, кВА;

S_P – расчётная мощность трансформатора, кВА.

Подставив данные в формулу (27) получим:

$$S_T \geq S_P = 0,7S_{M(BH)} = 0,7 \cdot 174,52 = 122,16 \text{кВА}.$$

Рассчитываем коэффициент загрузки по формуле:

$$K_3 = \frac{S_{\text{НН}}}{S_{\text{T}}}, \quad (29)$$

где $S_{\text{НН}}$ – максимальная полная мощность с учётом потерь, кВА;

K_3 – коэффициент загрузки, отн. ед.

$$K_3 = \frac{S_{\text{НН}}}{S_{\text{T}}} = \frac{158,37}{250} = 0,63$$

Согласно расчетам приведенным выше нами выбрана комплексная трансформаторная подстанция КТП 1х250-10/0,4 с одним трансформатором ТМ 250-10/0,4 и коэффициентом загрузки $K_3 = 0,63$.

2.4 Расчёт и выбор компенсирующего устройства

Расчёт компенсирующего устройства произведем в соответствии с [27].

Для выбора компенсирующего устройства (КУ) необходимо знать:

- расчетную реактивную мощность КУ;
- тип компенсирующего устройства;
- напряжение КУ.

Исходные данные для расчета и выбора компенсирующего устройства приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета компенсирующего устройства

Параметр	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{\text{М}}$, кВт	$Q_{\text{М}}$, кВАр	$S_{\text{М}}$, кВА
Всего на НН без КУ	0,93	0,38	147,72	56,16	158,37

Так как компенсацию реактивной мощности производят до значений косинуса 0,92-0,95 то нам рассчитывать КУ нет необходимости.

2.5 Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения

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

Токи на вводе трансформатора определяются исходя из максимальной нагрузки на него и рассчитываются по формуле:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} * U_{н.т}}, \quad (30)$$

где S_T – номинальная мощность трансформатора, кВА;

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

Принимается $U_{н.т} = 0,38$ кВ.

$$I_{ру} = \frac{S_{м.ру}}{\sqrt{3} * U_{н.ру}}, \quad (31)$$

где $S_{м.ру}$ – максимальная расчетная мощность РУ, кВА;

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

Принимается $U_{н.ру} = 0,38$ кВ.

Токи для одного электроприёмника рассчитываются по формуле:

$$I_{дл} = \frac{P_d}{\sqrt{3} * U_{н.д} * \eta_d * \cos \varphi_d}, \quad (32)$$

где P_d – мощность электроприёмника переменного тока, кВт;

$U_{н.д}$ – номинальное напряжение электроприёмника, кВ;

η_d – коэффициент полезного действия электроприёмника, отн. ед.;

$I_{дл}$ – длительный ток линии, А.

Примечание

Если электроприёмник повторно-кратковременного режима (сварочные аппараты, кран-балки и так далее), то его нагрузку необходимо привести к длительному режиму по формуле:

$$I_{св} = \frac{S_{св} \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} * U_n}, \quad (33)$$

где $S_{св}$ – полная мощность сварочного трехфазного трансформатора, кВА;

ПВ – продолжительность включения, отн. ед.

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

Автоматические выключатели выбираются согласно условиям

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.}; I_{н.р.} \geq I_{д.л.} \text{ — для линии без ЭД,} \quad (34)$$

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

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

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

$$U_{н.а.} \geq U_c; I_{н.р.} \geq 1,1I_M \text{ — для линии с одним ЭД,} \quad (35)$$

где I_M – максимальный ток в линии, А;

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

U_c – напряжение сети, В.

$$I_{н.р.} \geq 1,25I_{д.л.} \text{ — для групповой линии с несколькими ЭД} \quad (36)$$

Вычислим коэффициент отсечки для одного электроприёмника по формуле:

$$K_0 = \frac{I_0}{I_{н.р.}}, \quad (37)$$

где I_0 – ток отсечки, А;

$I_{н.р.}$ – ток номинального расцепителя автоматического выключателя, А;

K_0 – коэффициент отсечки, отн. ед.

Рассмотрим условия того, как рассчитать ток отсечки:

$$I_0 \geq I_{д.л.} \text{ — для линии без ЭД,} \quad (38)$$

$$I_0 \geq 1,2I_n \text{ — для линии с одним ЭД,} \quad (39)$$

$$I_0 \geq 1,2I_{пик} \text{ — для групповой линии с несколькими ЭД} \quad (40)$$

где K_0 – кратность отсечки;

I_0 – ток отсечки, А;

I_n – пусковой ток, А.

Вычислим пиковый ток для одного электроприёмника по формуле:

$$I_{пик} = K_{п.} * I_{н.д.}, \quad (41)$$

где $K_{п.}$ – кратность пускового тока. ($K_{п.} = 6,5...7,5$ – для АД; $K_{п.} = 2...3$ – для СД и МПТ);

$I_{н.д}$ – номинальный ток, А;

$I_{пик}$ – пиковый ток, А.

Вычислим пиковый ток для группы электроприёмников по формуле:

$$I_{пик} = I_{п.нб.} + I_{м} - I_{н.нб.}, \quad (42)$$

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.

Вычислим коэффициент отсечки для автоматического выключателя группы электроприёмников по формуле:

$$K_0 = \frac{I_{пик}}{I_{н.р.}}. \quad (43)$$

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

Предохранители выбираются согласно условиям

– для линии без ЭД:

$$I_{вс} \geq I_{дл}, \quad (44)$$

где $I_{вс}$ – ток плавкой вставки, А;

$I_{дл}$ – ток длительный в линии, А.

– для линии с ЭД и лёгким пуском:

$$I_{вс} \geq I_{вс} \geq \frac{I_{п}}{2,5}, \quad (45)$$

где $I_{п}$ – пусковой ток, А.

– для линии к РУ (РП или шинопроводам):

$$I_{вс} \geq \frac{I_{п} + I_{дл}}{1,6}, \quad (46)$$

– для линий к сварочному оборудованию:

$$I_{вс} \geq I_{св} \sqrt{ПВ}, \quad (47)$$

где $I_{св}$ – ток сварочного аппарата, А.

– условие выбора тока плавкой вставки:

$$I_{н.п.} \geq I_{вс}, \quad (48)$$

где $I_{н.п.}$ – номинальный ток предохранителя, А.

Тепловые реле выбираются согласно условию

$$I_{тр} \geq 1,25I_{дл}, \quad (49)$$

где $I_{тр}$ – ток теплового реле, А.

Наиболее современными являются автоматы серии ВА47 и ВА88, предохранители серии ППНИ и ПР32, тепловые реле серии РТИ.

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

– для линий защищенной автоматом с комбинированным расцепителем:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{у(п)}, \quad (50)$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$ – коэффициент защиты;

$I_{у(п)}$ – ток автоматического выключателя с комбинированным выключателем, А.

– для линий защищенной только от КЗ предохранителем:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{вс}, \quad (51)$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$ – коэффициент защиты;

$I_{вс}$ – ток плавкой вставки, А.

– для линий с тепловым реле:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{тр}, \quad (52)$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$ – коэффициент защиты;

$I_{тр}$ – ток теплового реле, А.

Принимают коэффициент защиты:

$K_{зщ} = 1,25$ – для взрыво- и пожароопасных помещений;

$K_{зщ} = 1$ – для нормальных (неопасных) помещений;

$K_{зщ} = 0,33$ – для предохранителей без тепловых реле в линии.

По типу проводника, числу фаз и условию выбора формируется окончательно марка аппарата защиты.

Для выполнения условия селективности автоматы начинаем выбирать с первого уровня, выбираем автоматический выключатель из [28] и записываем его характеристики в Сводную ведомость автоматов приложение В:

ЩС-1 – Поршневой компрессор, $P_n = 2,2$ кВт; 0,22кВ

Используя формулу (32) произведём расчёт тока электроприёмника:

$$I_{дл} = \frac{2,2}{\sqrt{3} * 0,22 * 0,82 * 0,79} = 8,91A$$

Автоматический выключатель QF1 для ЩС-1 выбираем из условия, что

$$I_{н.р.} \geq 1,25I_{дл},$$

$$16A \geq 8,91 \cdot 1,25 = 11,14A.$$

Вычисляем пусковой ток электродвигателя:

$$I_{п.нб} = K_{п.} \cdot I_{н.дв} = 6,5 \cdot 11,14 = 72,41A.$$

Вычисляем расчётный ток отсечки:

$$I_o = 1,2I_{п.} = 1,2 \cdot 72,41 = 86,9A.$$

Вычисляем кратность отсечки:

$$K_o = \frac{I_o}{I_{н.р.}} = \frac{86,9}{16} = 5,43.$$

Кратность отсечки принимается 5.

Для питания поршневого компрессора выбираем кабель ВВГнг по условию нагрева длительно допустимым током:

$$I_{доп.} > I_{дл} \Leftrightarrow 20A \geq 20A.$$

Выбирают ВВГнг 3x1,5 $I_{доп.}=20A$ выбранное сечение проверяется по условию соответствия выбранному аппарату защиты:

$$I_{доп.} > 1,35I_{н.р.} = 1,25 \cdot 16 = 20A.$$

Условие выполняется выбранный кабель подходит.

ЩС-1 – Сварочный полуавтомат, $P_n = 3,5$ кВт, ПВ=25%

$$I_d = \frac{P_d \sqrt{\text{ПВ}}}{\sqrt{3} * U_{н.д} * \eta_d * \cos \varphi_d} = \frac{3,5 \sqrt{0,25}}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,82 * 0,79} = 4,1 \text{ А.}$$

Автоматический выключатель QF2 для ЩС-1 выбираем из условия (36):

$$I_{н.р.} \geq 1,25 \cdot 4,1 = 5,13 \text{ А} \leq 6 \text{ А.}$$

Исходя из этих данных выбираем автомат и заносим его характеристики в сводную ведомость автоматов приложение В.

Вычисляем пусковой ток сварочного полуавтомата по формуле в этом случае $K_{п}=3$:

$$I_{п.нб} = K_{п} \cdot I_{н.дв} = 3 \cdot 5,13 = 15,4 \text{ А.}$$

Вычисляем расчётный ток отсечки:

$$I_o = 1,2 I_{п} = 1,2 \cdot 15,4 = 18,48 \text{ А.}$$

Кратность отсечки определяется по формуле:

$$K_o = \frac{I_o}{I_{н.р.}} = \frac{18,48}{6} = 3,8 \approx 4.$$

K_o принимается равным 4.

Для питания сварочного полуавтомата выбирается кабель ВВГнг по условию нагрева допустимо длительным током:

$$I_{доп.} > I_{дл.}$$

$$\text{Выбираем ВВГнг } 4 \times 1,5 \text{ } I_{доп.} = 23 \text{ А.}$$

Выбранное сечение проверяется по условию соответствия выбранному аппарату защиты:

$$I_{доп.} > 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ А} \Leftrightarrow 7,5 \text{ А} < 23 \text{ А.}$$

Условие выполняется.

Остальные потребители в группах рассчитываются аналогичным способом и на основании этих расчётов выбираются аппараты защиты и кабеля для линий электроснабжения.

Рассчитаем и выберем автоматический выключатель для ВРУ-ЩС-1 1QF

Ток протекающий по этой линии смотри Сводную ведомость приложение Б.

Автомат выбирается согласно условий

$$I_{н.р} \geq 1,1 \cdot I_M,$$

где I_M – ток максимальный группы электроприёмников, А;

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

$$I_{н.р} = 1,1 \cdot 131,2 = 144,32 \text{ А};$$

$$I_{н.р} = 160 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель и технические характеристики записываем в таблицу 3.

Для данного автоматического выключателя рассчитываем пиковый ток:

$$I_{пик} = I_{пуск.нб} + I_{м.гр} - I_{н.нб} \cdot K_{и}, \quad (53)$$

где $I_{пуск.нб}$ – пусковой ток наибольшего по мощности электродвигателя;

$I_{м.гр}$ – максимальный ток группы;

$I_{н.нб}$ – номинальный ток наибольшего двигателя в группе;

$K_{и}$ – коэффициент использования группы.

Наиболее мощным ЭП с ЭД в данной группе является подъёмник двухстоечный 4Т с $P_{н.нб} = 2,2$ кВт.

Рассчитаем пиковый ток для данной группы электроприёмников по формуле (53):

$$I_{пик} = I_{пуск.нб} + I_{м.гр} - I_{н.нб} = 41,92 + 131,2 - 11,4 \cdot 0,7 = 165,14 \text{ А}.$$

Рассчитаем ток отсечки:

$$I_o > 1,2 I_{пик} = 1,2 \cdot 165,14 = 198,16 \text{ А}$$

Рассчитаем кратность отсечки:

$$K_o = \frac{I_o}{I_{н.нб}} = \frac{198,16}{11,4} = 17,4.$$

Принимаем кратность равную 17.

Выбирают кабель для питания от вводного рубильника до ЩС-1, по условию соответствия выбранному аппарату защиты:

$$I_{доп.} = 216 > 1,35 \cdot 160 = 216 \text{ А}.$$

Выбираем кабель в соответствии с ПУЭ ВВГ 4х50.

Выберем аппараты защиты для линии ВРУ1-ЩС-котельной.

Так как нагрузки в ЩС-котельная все однофазные и аппараты защиты выбраны ВА47-29-1 6А, то, исходя из свойств селективности, необходимо выбрать вводной аппарат защиты ВА47-29-1 10А, кабель в данном случае подходит ВВГнг 3х1,5.

Остальные аппараты защиты выбираются аналогичным способом и их данные заносятся в сводную ведомость приложение В.

Вводной автоматический выключатель SF из условия, что на АРП установлен отдельный питающий трансформатор.

Рассчитаем ток протекающий по этой линии по формуле (30):

$$I_T = \frac{S_T}{U_{н.т}\sqrt{3}} = \frac{160}{0,4 * \sqrt{3}} = 234\text{А}$$

Исходя из условия, что $I_{н.р} \geq I_T$ получим $I_{н.р} = 250\text{А}$

В соответствии с этим выбирается питающий кабель согласно [28] и условию соответствия кабеля и автоматического выключателя $I_{доп} \geq 1,35 \cdot I_{н.р}$ получим:

$$I_{доп} \geq 1,35 \cdot I_{н.р} = 1,35 \cdot 250 = 337,5\text{А.}$$

Выбираем кабель ВВГнг 4х120 для него $I_{доп} = 385\text{А}$.

Выбираем автоматический выключатель и записываем его характеристики в таблицу 3.

На основании всех этих расчётов получаем однолинейную схему авторемонтного предприятия указанную в приложении Г рисунок Г.1.

Таблица 3 – Сводная ведомость автоматических выключателей

Кол-во, шт	Тип аппарата	Напряжение, В	$I_{н.а.}$, А	$I_{н.р.}$, А	I_y , кА	$I_{у.к.з.}$, А	$I_{откл.}$, кА	Тип, марка кабеля
Поршневой компрессор 1-фазный 2,2кВт	ВА47-29-1	220В	63	16	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Устройство пуско-зарядное Volta-S400 1-фазный 4кВт ПВ=30%	ВА47-29-1	220В	63	25	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Сварочный полуавтомат ПВ=25%	ВА47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Подъёмник двухстоечный 4Т	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х1,5
Подъёмник четырёхстоечный 4Т	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х1,5
Подъёмник четырёхстоечный для развала схождения	ВА47-29-3	380	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х1,5
Розетки рабочего места №1-6 220В 1-фазный 1,5кВт - 6шт	ВА47-29-1	220В	63	20	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Розетки рабочего места №1-6 380В 2кВт - 6шт	ВА47-29-3	380В	63	20	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х2,5
Освещение рабочей зоны (боковое) 1-фазный 1,63кВт	ВА47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Освещение рабочей зоны (верхнее) 1-фазный 0,9кВт	ВА47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
ШНН - ЩС-1	ВА47-29-3	380	63	40	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х6
Оборудование котельной 1-фазный 1,2кВт	ВА47-29-1	220В	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Циркуляционный насос 1-фазный 0,2кВт	ВА47-29-1	220В	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
ШНН - ЩС-котельная	ВА47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Бойлер клиентской 1-ф 1,7кВт	ВА47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5

Окончание таблицы 3

Бойлер персонала 1-ф 1,7кВт	BA47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Розетки клиентской зоны (телевизор) 1-ф 0,6кВт	BA47-29-1	220В	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Розетки рабочих столов (компьютер) 1-ф 0,85кВт	BA47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Розетка стола менеджера (компьютер, принтер, сканер) 1-ф 1кВт	BA47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Освещение служебной зоны 1-ф 0,68кВт	BA47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Освещение клиентской зоны 1-ф 0,13кВт	BA47-29-1	220В	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Освещение входной группы 1-ф 0,24кВт	BA47-29-1	220В	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Наружная реклама 1-ф 1,5кВт	BA47-29-1	220В	63	10	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х2,5
Всего по ЦС-2	BA47-29-3	220В	63	50	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х10
Привод ворот 1-ф 0,5кВт	BA47-29-1	220В	63	6	1,45	6	4,5	ВВГнг 3х1,5
Тепловая завеса	BA47-29-3	380В	63	25	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х2,5
Всего по ЦС-ворота	BA47-29-3	380В	63	32	1,45	6	4,5	ВВГнг 4х4
Всего по автосервису	BA88-35	380В	250	250	10	25	35	ВВГнг 4х70

2.6 Расчет заземления авторемонтного предприятия

Заземляющий устройство – это совокупность конструктивно объединенных заземлителей (одного или нескольких металлических электродов, погруженных на соответствующую глубину в грунт) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемое электрооборудование с заземлителем.

В зависимости от размещения заземлителей относительно электрооборудования, заземляющие устройства бывают выносные и контурные. Выносные заземлители размещают на некотором расстоянии от оборудования, заземляемого на контроле турне – по контуру на некотором расстоянии от него.

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Для естественного заземлителя используют электропроводящие конструкции зданий и коммуникаций, водопроводные и другие стальные трубопроводы, металлическую арматуры распределительных устройств и железобетонных фундаментов, находящихся в контакте с землей, проложенные в земле оболочки силовых электрических кабелей и др.

Категорически запрещается использовать естественные заземлители, такие как трубопроводы с взрывоопасными и горючими жидкостями и газами [27].

В процессе расчета заземляющего устройства (ЗУ) в электроустановках (ЭУ) мы определим:

- расчетное сопротивление грунта (ρ_p);
- расчётный ток замыкания на землю I_3 и сопротивление ЗУ R_3 ;
- характеристики электродов и рассчитаем их сопротивление;
- количество вертикальных электродов, разместим их на плане который указан на рисунке 2.

Исходные данные:

- грунт – супесь с температурой $+8^{\circ}\text{C}$ удельное сопротивление грунта $\rho=300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$
- размеры здания $30\times 18\times 9$;
- $t=0,5\text{ м}$ – глубина заложения горизонтального электрода в грунт;
- Вертикальный электрод – круглая сталь ($\phi 16$), $L_{\text{В}} = 5\text{ м}$;
- Горизонтальный электрод – полоса 40×4 .

Ввиду ограниченного пространства вокруг АТП выберем вид ЗУ – рядный.

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта по формуле:

$$\rho_{\text{р}} = \rho K_{\text{сез.}} \quad (54)$$

где $\rho_{\text{р}}$ – расчётное удельное сопротивление грунта, $\text{Ом}\cdot\text{ м}$;

ρ – удельное сопротивление грунта, $\text{Ом}\cdot\text{ м}$;

$K_{\text{сез.}}$ – коэффициент сезонности.

Выберем и рассчитаем сопротивление вертикальных электродов по формуле:

$$r_{\text{в}} = 0,3\rho_{\text{р}}, \quad (55)$$

где $r_{\text{в}}$ – сопротивление одиночного вертикального электрода без учёта использования, Ом .

Выберем и рассчитаем сопротивление горизонтального электрода по формуле:

$$r_{\text{г}} = \frac{0,4\rho_{\text{р}}}{L_{\text{п}}} \lg \frac{2 * L_{\text{п}}^2}{bt}, \quad (56)$$

где $r_{\text{г}}$ – сопротивление горизонтального заземлителя без учёта использования, Ом ;

$\rho_{\text{р}}$ – расчётное удельное сопротивление грунта, $\text{Ом}\cdot\text{ м}$;

$L_{\text{п}}$ – длина полосы, м ;

b – ширина полосы, м (для круглого горизонтального заземлителя $b=1,1d$);

t – глубина заложения, м.

Определение сопротивлений с учётом коэффициента использования по формулам:

– для вертикального электрода

$$R_B = \frac{r_B}{\eta_B}, \quad (57)$$

где R_B – сопротивление вертикального электрода, Ом;

r_B – сопротивление вертикального электрода без учёта использования, Ом;

η_B – коэффициент использования для вертикальных электродов.

– для горизонтального электрода

$$R_\Gamma = \frac{r_\Gamma}{\eta_\Gamma}, \quad (58)$$

где R_Γ – сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

r_Γ – сопротивление горизонтального электрода без учёта использования, Ом· м;

η_Γ – коэффициент использования для горизонтальных электродов.

η_B и η_Γ определяем по [27] исходя из условий:

$$\eta = F \left(\text{тип ЗУ; вид заземлителя; } \frac{a}{L}; N_B \right), \quad (59)$$

где a – расстояние между вертикальными заземлителями, м;

L – длина вертикального заземлителя, Ом· м;

N_B – число вертикальных электродов, шт.

Рассчитаем сопротивление вертикального одиночного электрода подставив (54) в (55) получим формулу:

$$r_B = 0,3\rho K_{\text{сез.в}} = 0,3 \cdot 300 \cdot 1,5 = 1350\text{м}$$

Примем расположение авторемонтного предприятия в климатической зоне III и получим $K_{\text{сез.в}}=F(\text{верт.};\text{III})=1,5$; $K_{\text{сез.г}}=F(\text{гор.};\text{III})=2,3$

Расчетный (емкостной) ток замыкания на землю определяется приближённо.

Требование по [28] $R_{32} \leq 40\text{м}$ на НН, но допустимое при данном грунте определяется по формуле:

$$R_{3у} \leq R_{32} \frac{\rho}{100} = 4 \frac{300}{100} = 120\text{м}$$

где $R_{3у}$ – расчётное сопротивление на данном грунте.

Определяется количество вертикальных электродов:

– без учёта экранирования (расчётное):

$$N_{\text{вп}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{3у}} = \frac{135}{12} = 11,25$$

Количество вертикальных электродов без экранирования принимается 12.

– с учётом экранирования:

$$N_{\text{вп}} = \frac{N_{\text{вп}}}{\eta_{\text{в}}} = \frac{12}{0,59} = 20,33 \sim 20$$

Находим табличные значения из условий (59) $\eta_{\text{в}}=F(\text{тип ЗУ; вид заземления; } a/L; N_{\text{в}}) = F(\text{рядный; вертикальное; } 1; 6)=0,59$

Размещается ЗУ на рисунке 1, уточняются расстояния, наносятся на план. При прокладке по прямой получается большая протяжённость по территории, что нецелесообразно из-за этого прокладываем вдоль корпуса здания на расстоянии не менее 1 метра.

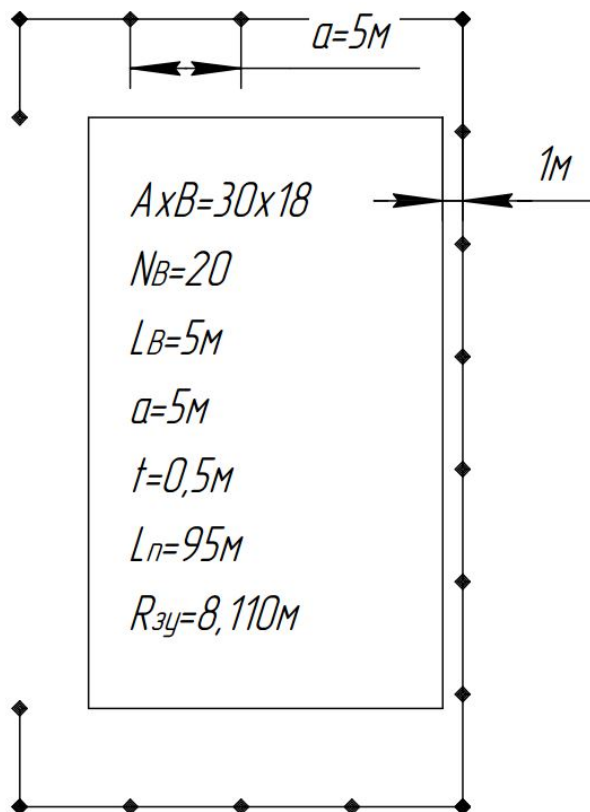


Рисунок 1 – План ЗУ

Так как выбрано $\frac{a}{L} = 1$, то $a = 5\text{м}$, а $L = 5\text{м}$.

Минимальное расстояние от объекта 1м.

Рассчитаем общую протяжённость горизонтального электрода.

$$L_{\text{п}} = a(N_{\text{в}} - 1) = 5(20 - 1) = 95\text{м}$$

В данном случае лучше всего ЗУ расположить вдоль двух стен авторемонтного предприятия. Следовательно, учитывая длины сторон здания, в котором расположено авторемонтное предприятие, и минимальное расстояние от стен здания окончательная длина $L_{\text{п}} = 95\text{м}$

Определяются уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов по формуле и получаем:

$$R_{\text{в}} = \frac{r_{\text{в}}}{N_{\text{в}}\eta_{\text{в}}} = \frac{135}{20 * 0,59} = 11,44\text{Ом},$$

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi}\eta_{\Gamma}} \rho K_{\text{сез.}\Gamma} \lg \frac{2 * L_{\Pi}^2}{bt} = \frac{0,4}{95 * 0,62} 300 * 2,3 \lg \frac{2 * 95^2}{40 * 10^{-3} * 0,5}$$

$$= 27,87 \text{ Ом.}$$

Определяется фактическое сопротивление ЗУ по формуле:

$$R_{\text{ЗУ.Ф}} = \frac{R_{\text{В}} R_{\Gamma}}{R_{\text{В}} + R_{\Gamma}} = \frac{11,44 * 27,87}{11,44 + 27,87} = 8,11 \text{ Ом.}$$

Сравнивая фактическое сопротивление ЗУ и расчётное получаем: фактическое сопротивление ЗУ меньше расчётного, что соответствует условиям задачи по расчёту ЗУ.

$R_{\text{ЗУ.Ф}} = 8,11 \text{ Ом} \leq R_{\text{ЗУ}} = 12 \text{ Ом}$ следовательно ЗУ эффективно.

2.7 Разработка руководства по эксплуатации водонагревателя OASIS VG-100L

Настоящее является обязательным документом при монтаже и обслуживании электроводонагревателей (далее – ЭВН).

Данный водонагреватель должен обслуживаться и монтироваться специалистами прошедшими специальное обучение и имеющие соответствующий документ об этом.

Данное руководство распространяется на водонагреватели серий VG-30L, VG-50L, VG-80L, VG-1000L [31].

Общие сведения по эксплуатации.

– Прежде чем использовать ЭВН, Вы должны полностью наполнить его. Для этого Вам необходимо подключить подачу холодной воды к входному отверстию бака, после чего открыть кран горячей воды, подключенный в свою очередь к выходному отверстию. Когда вода начнет течь из крана горячей воды – это и будет означать заполнение бака водой. После этого Вы можете подключить его в электросеть.

- из водонагревателя следует полностью слить воду, если он не будет использоваться в течение длительного времени или температура в помещении, где он установлен, может опуститься ниже 0°C;
- при нормальном функционировании ЭВН возможно выступление капель воды из выпускного отверстия обратного клапана. Данное явление вызвано завышением давления воды в магистрали – не блокируйте отверстие выпускного клапана, сделайте отвод воды при помощи пластиковой трубы (шланга);
- для безопасной эксплуатации ЭВН необходимо, чтобы электрическая розетка имела надежное заземление;
- во избежание неосторожного использования необходимо ограничить доступ детей к устройству;
- термостат служит для предохранения ЭВН от перегрева и отключает ТЭН от сети при достижении чрезмерно высокой температуры воды;
- способ устранения возможной неисправности ЭВН путём включения термостата:
 1. Отключите вилку от источника электропитания.
 2. Откройте крышку, обеспечив доступ к электрическим частям ЭВН.
 3. Нажмите на кнопку, расположенную на термостате, для приведения ЭВН в обычный режим работы, как указано на рисунке 1.

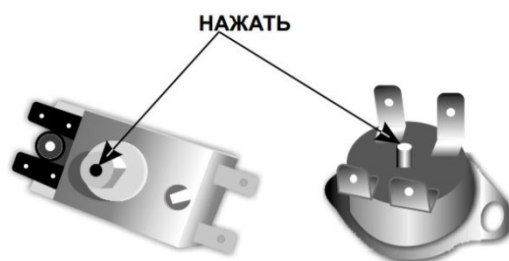


Рисунок 2 – Общий вид датчика температуры

4. Закройте крышку.
5. С помощью регулятора уменьшите температуру.
6. Вставьте вилку водонагревателя в розетку сети электропитания.

Если вышеуказанные действия не привели к нормальному функционированию прибора, значит температура, в баке, завышена. Пожалуйста, откройте кран горячей воды и спустите в течение нескольких минут воду, при этом обеспечив подачу холодной воды и водонагреватель.

Характеристики водонагревателя

- сапфировый эмалевый внутренний контейнер, изготовлен с использованием передовой эмалевой техники – сухим электростатическим способом; антикоррозионный, коррозионно-стойкий, предотвращает утечки, с более долгим сроком службы;
- медный нагревательный элемент, Обеспечивает превосходный нагрев при минимальных энерго затратах, обладает более долгим сроком службы;
- настраиваемый таймер;
- полиуретановая пена по всей площади бака. Сохраняет температуру воды и предотвращает потерю тепла длительное время;
- утолщенный магниевый анод, защищает бак от коррозии, обеспечивает более долгий срок службы;
- водяные трубки с вращающейся циркуляцией, со стальным сердечником, защищает эмаль бака от ржавчины и коррозии;
- наличие дисплея;
- выбор температурного режима в пределах 30°C - 75°C, простой в использовании индикатор нагрева;
- встроенное устройство защитного отключения (УЗО) исключает поражение электрическим током показанный на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид устройства защитного отключения

Технические параметры

Таблица 4 – Технические параметры водонагревателей Oasis

Модель	Объем, л	Номинальная мощность, Вт	Номинальное напряжение, В	Номинальное давление воды, МПа	Макс. температура воды	Степень водоупорности
Oasis Q-30V	30	2000	220	0,75	75	IPX4
Oasis Q-50V	50	2000	220	0,75	75	IPX4
Oasis Q-80V	80	2000	220	0,75	75	IPX4
Oasis Q-100V	100	2000	220	0,75	75	IPX4

Условия безопасной эксплуатации

Данный ЭВН следует эксплуатировать только с использованием предохранительного обратного клапана. Во время нагрева воды из отверстия выпуска давления обратного предохранительного клапана может поступать вода. Это нормальное явление. Однако в случае больших утечек следует связаться со специалистами по техническому обслуживанию. Отверстие выпуска давления ни при каких обстоятельствах не должно быть заблокировано; в противном случае это может привести к поломке ЭВН.

Примечание: при работе выпускного клапана, капли воды могут не выделяться. Во время процесса нагрева внешнее покрытие водопроводной трубы под выпускным клапаном может иметь высокую температуру. Такие признаки являются нормой и свидетельствуют о том, что система внутреннего спуска давления функционирует.

Слить воду из водонагревателя можно с помощью обратного предохранительного клапана, перекрыв при этом подачу холодной воды в водонагреватель и открыв дренажную ручку на предохранительном клапане. При этом слив воды из водонагревателя должен осуществляться через дренажное отверстие в клапане в систему отвода канализации (при сливе воды откройте на смесителе кран горячей воды для выпуска воздуха), оно указано на рисунке 4.

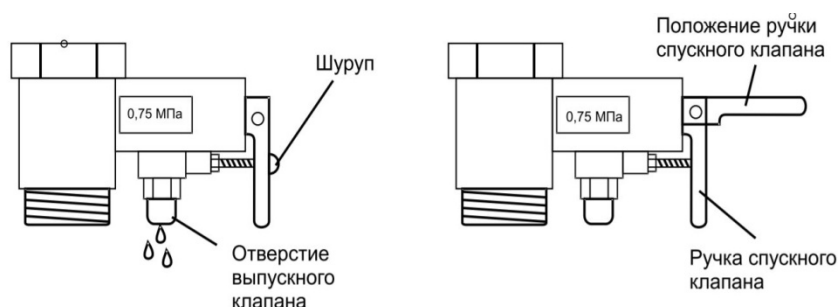


Рисунок 4 – Общий вид дренажного отверстия клапана

ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ЭЛЕКТРОСЕТИ

1. Поступление воды: Закрепив все трубы, поверните ручку смесителя так, чтобы на датчике температура воды соответствовала высокой отметке. Снова откройте кран для поступления холодной воды, в это время бак электрического водонагревателя начнет наполняться водой. Дождитесь пока из душевого отсека патрубка для выхода воды начнет поступать вода – это означает, что бак полностью наполнен водой [31].

Предостережения: Во время работы электрического водонагревателя впускной водяной клапан от трубы с холодной водой должен быть открыт от начала до конца работы. Кран смешанной холодной и горячей воды может не только регулировать температуру воды, но и выполнять функцию закрывания выходящей воды.

2. Касательно напряжения: после подтверждения того, что бак полностью заполнен водой, вы можете включить вилку в розетку.

3. Действия с горячей водой: после нагрева воды, вы можете использовать горячую воду из бака. Для этого необходимо смешать горячую и холодную воду. В это же время из душа должна начать поступать горячая вода. Предостережения: Во избежание ожогов проверьте, что вода имеет необходимую для Вас температуру.

4. Защита от перегрева: отключает ТЭН от сети при достижении чрезмерно высокой температуры воды.

5. Автоматический баланс температур: Когда температура воды в баке достигает заданной величины, автоматически отключается напряжение и заканчивается нагрев. Тем временем, отключится и нагревательный индикатор. Электрический водонагреватель будет в состоянии использования нагретой воды. Когда температура воды в баке снизится, она автоматически начнет нагреваться. После нагревания электричество будет автоматически отключено и будет сохраняться режим поддержания температуры воды. Таким образом, происходит автоматическая работа водонагревателя.

Схема электропитания водонагревателя

Схема показана на рисунке 5.

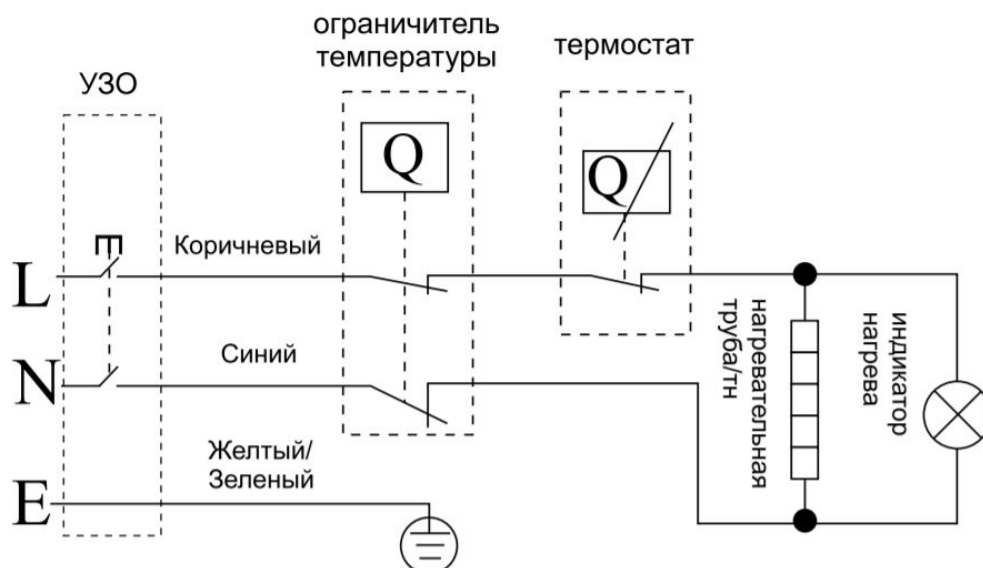


Рисунок 5 – Схема питания электронагревателя

Порядок технического обслуживания электроводонагревателя

- отключить электропитание ЭВН;
- дать остыть горячей воде или израсходовать ее через смеситель;
- перекрыть поступление холодной воды в ЭВН;
- отвинтить предохранительный клапан или открыть сливной вентиль;
- на патрубок подачи холодной воды надеть резиновый шланг, направив второй его конец в канализацию;
- открыть кран горячей воды на смесителе и слить воду из ЭВН через шланг в канализацию;
- снять защитную крышку, отключить провода, отвинтить и извлечь из корпуса опорный фланец;
- заменить магниевый анод;
- очистить при необходимости ТЭН от накипи и удалить осадок из бака;
- произвести сборку, заполнить ЭВН водой и включить питание.

Техническое обслуживание

В процессе эксплуатации ЭВН необходимо не реже одного раза в шесть месяцев производить ТО и замену магниевого анода. При невыполнении данных рекомендаций повышается риск образования коррозии и сокращения службы ЭВН.

Магниевый анод является расходным материалом, и может быть приобретен отдельно у компании-продавца ЭВН или в сервисном центре по его обслуживанию.

Текущий ремонт

Гарантийный срок службы 5 лет с даты продажи на внутренний бак и 1 год на остальные электрические части водонагревателя.

Срок службы водонагревателя – не менее 7 лет (при эксплуатации прибора согласно рекомендациям настоящей инструкции) [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система электроснабжения авторемонтного предприятия.

Также были проанализированы технические данные для разработки системы электроснабжения. Было выбрано самое современное электрооборудование для защиты линий электроснабжения. Были произведены полные расчёты электрических нагрузок для каждой линии электроприёмника и РУ. Рассчитана мощность трансформатора и соответственно выбран автоматический выключатель с низкой стороны трансформатора. На основании расчётов электрических нагрузок были выбраны марки, типы кабельных линий и методы их прокладки.

Разработано руководство по эксплуатации электроводонагревателя OASIS серии VG-100L в соответствии с нормативными документами.

Задачи для достижения цели выпускной квалификационной работы были выполнены, а цель выпускной квалификационной работы была достигнута.

Проектирование электроснабжения было произведено в соответствии с действующими нормами и правилами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бороздин И. В. Электроснабжение предприятий. Практикум. «Дизайн ПРО», 2000.
2. Бурман А. П., Розанов Ю. К., Шкарян Ю.Г. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие. Москва: Издательский дом МЭИ, 2012. 336 с.
3. Григораш О. В., Мельников Д.В., Мелехов С.В. Особенности проектирования систем автономного электроснабжения: Промышленная энергетика. №12. 2001. с.31-35.
4. Григорьев В. В., Киреева Э.А., Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. Москва: «Энергоатомаиздат», 2002. 142с
5. Григорьев В. И., Киреева Э. А., Минтюков А.П., Чохонелидзе А.Н. Электроснабжение и электрооборудование жилых и общественных зданий. Москва: Энергоиздат, 2003. 212 с
6. Долин П.А., Медведев В.Т., Корочков В.В., Монахов А.Ф. Электробезопасность. Теория и практика: учебное пособие для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. под. ред. Медведева В.Т. Москва: Издательский дом МЭИ, 2012. 280с.
7. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – Москва.: Энергоатомиздат, 1987. – 336с.
8. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. Учебное пособие для студентов. – Москва: издательство «Мастерство», 2001.

9. Крюков В.И. Обслуживание и ремонт электрооборудования подстанций и распределительных устройств: учебное пособие. Москва: Высшая школа, 1989. 420с.
10. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах. –Москва: Мир, 2003. – 283с.
11. Куценко Г.Ф. Охрана труда в электроэнергетике. Практическое пособие. Москва: Дизайн ПРО, 2005. 784 с.
12. Манойлов В.Е. Основы электробезопасности: Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 1991г. 480с.
13. Морозова И.М., Кузнецов Ю.В. Проектирование схем энергоснабжения промышленных предприятий и городов: Учеб. пособие. Екатеринбург. 2004. Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2004. 86 с.
14. Назмеев Ю.Г. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. Москва: МЭИ, 2003.
15. Почаевец В.С. Автоматизированные системы управления устройствами электроснабжения железных дорог: Учебник для колледжей и техникумов ж.-д. транспорта. – Москва: Маршрут, 2003. – 318с.
16. Правила устройства электроустановок. Минэнерго – Москва: «Энергоатомиздат», 2003.
17. РД 34.20.185-94. Раздел 2 Расчетные электрические нагрузки. Инструкции по проектированию городских электрических сетей.
18. РД 34.45051.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. Москва: Энергоатомиздат. 1998. 47с.
19. Рекус Г.Г. Электрооборудование производств: Учебное пособие.- Москва: Высшая школа, 2005. – 709с.
20. Сибикин Ю.Д. Обслуживание электроустановок промышленных предприятий: учебное пособие. Москва: Высшая школа, 1989. 370с.
21. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок – Москва: В.Ш., 2001.

22. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. – Москва: Энергоатомиздат, 1991. – 592с.
23. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Москва: МЭИ, 2001.
24. Справочник по проектированию электроснабжения/Под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
25. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт.-сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос.проф.-пед. ун-т», 2006. - 66 с.
26. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий. Москва: Энергоатомиздат, 2001.
27. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Метод. пособие для курсового проектирования. Москва: «Инфра – М, Форум», 2003.
28. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. - 2-е изд. - Москва: ФОРУМ, 2011. - 136с.
29. Каталог образовательных интернет-ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.edu.ru/index.php?page_id=6 (дата обращения 21.12.2017).
30. Каталог оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoklimat.perm.ru/vodonagrevateli/jelektricheskienakopitelnye.html> (дата обращения 25.12.2017).
31. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения 23.12.2017).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

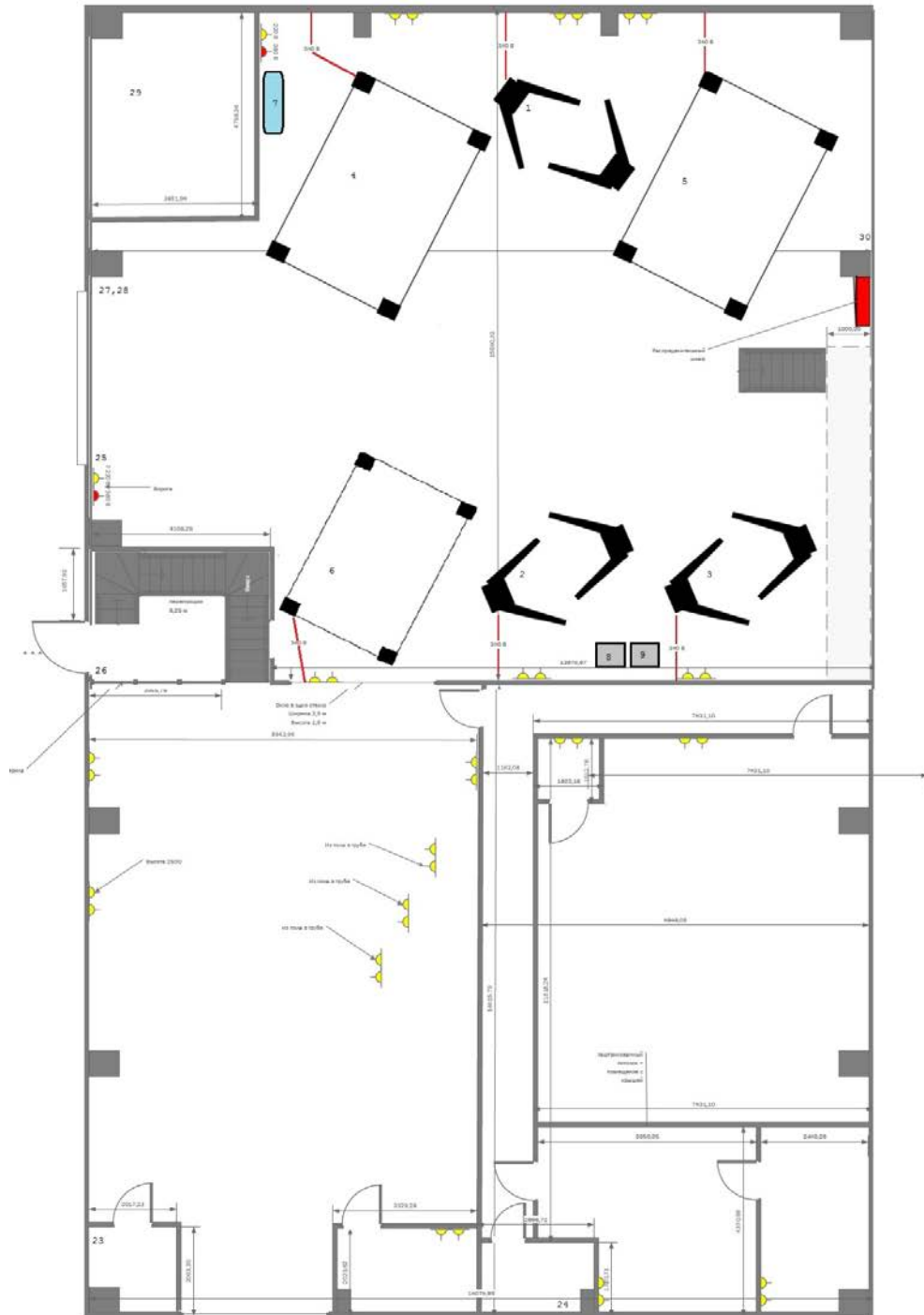


Рисунок А.1 – Схема расположения оборудования

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Сводная ведомость

Наименование РУ и электроприёмников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	N	P _{нз} , кВт	K _и	cosφ	tgφ	m	P _{см} , кВт	Q _{см} , кВАр	S _{см} , кВА	nЭ	K _м	K _м '	P _м , кВт	Q _м , кВАр	S _м , кВА	I _м , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ЩС-1																	
Поршневой компрессор 1-фазный 2,2кВт	13,2	1	13,2	0,7	0,8	0,75		9,24	6,93	11,55							
Устройство пуско-зарядное Volta-S400 1-фазный 4кВт ПВ=30%	13,14	1	13,14	0,25	0,35	2,67		3,29	8,77	9,37							
Сварочный полуавтомат ПВ=25%	1,75	1	1,75	0,25	0,35	2,67		0,44	1,17	1,25							
Подъёмник двухстоечный 4Т	2,2	3	6,6	0,1	0,5	1,73		0,66	1,14	1,32							
Подъёмник четырёхстоечный 4Т	2,2	2	4,4	0,1	0,5	1,73		0,44	0,76	0,88							
Подъёмник четырёхстоечный для развала схождения	3	1	3	0,1	0,5	1,73		0,3	0,52	0,6							
Розетки рабочего места №1-6 220В 1-фазный 1,5кВт	9	6	54	0,5	0,96	0,29		27	7,83	28,11							
Розетки рабочего места №1-6 380В 2кВт	2	6	12	0,5	0,96	0,29		6	1,74	6,25							
Освещение рабочей зоны (боковое) 1-фазный 1,63кВт	9,78	1	9,78	0,85	0,95	0,33		8,31	2,74	8,75							
Освещение рабочей зоны (верхнее) 1-фазный 0,9кВт	5,4	1	5,4	0,85	0,95	0,33		4,59	1,51	4,83							
Всего по ЩС1	61,67	23	123,3	0,45	0,82	0,57	31	55,68	31,6	68,07	9	1,42	1,1	79,06	34,76	86,37	131,22
ЩС-котельная																	
Оборудование котельной 1-фазный 1,2кВт	7,2	1	7,2	0,6	0,8	0,75		4,32	3,24	5,4							
Циркуляционный насос 1-фазный 0,2кВт	1,2	1	1,2	0,7	0,8	0,75		0,84	0,63	1,05							

Окончание таблицы Б.1

Всего по ЩС-котельная	8,4	2	8,4	0,61	0,8	0,75	6	5,16	3,87	6,45	1	2,19	1,1	11,29	4,26	12,07	18,34
ЩС-2																	
Бойлер клиентской 1-ф 1,7кВт	10,2	1	1,7	0,75	0,95	0,33		1,28	0,42	1,34							
Бойлер персонала 1-ф 1,7кВт	10,2	1	10,2	0,75	0,95	0,33		7,65	2,52	8,06							
Розетки клиентской зоны (телевизор) 1-ф 0,6кВт	3,6	1	3,6	0,5	0,96	0,29		1,8	0,52	1,87							
Розетки рабочих столов (компьютер) 1-ф 0,85кВт	5,1	2	10,2	0,5	0,96	0,29		5,1	1,48	5,31							
Розетка стола менеджера (компьютер, принтер, сканер) 1-ф 1кВт	6	1	6	0,5	0,96	0,29		3	0,87	3,12							
Освещение служебной зоны 1-ф 0,68кВт	4,08	1	4,08	0,85	0,95	0,33		3,47	1,14	3,65							
Освещение клиентской зоны 1-ф 0,13кВт	0,78	1	0,78	0,85	0,95	0,33		0,66	0,22	0,7							
Освещение входной группы 1-ф 0,24кВт	1,44	1	1,44	0,85	0,95	0,33		1,22	0,4	1,29							
Наружная реклама 1-ф 1,5кВт	9	1	9	0,85	0,95	0,33		7,65	2,52	8,06							
Всего по ЩС-2этаж	50,4	10	47	0,47	0,95	0,31	13	22,29	6,96	23,36	10	1,37	1,1	30,54	7,66	31,49	47,84
ЩС-ворота																	
Привод ворот 1-ф 0,5кВт	3	1	3	0,1	0,5	1,73		0,3	0,52	0,6							
Тепловая завеса	9	2	18	0,6	0,8	0,75		10,8	8,1	13,5							
Итого по ЩС-ворота		3	21	0,53	0,79	0,78	6	11,1	8,62	14,1	1	2,42	1,1	26,82	9,48	28,45	43,23
Всего на ШНН					0,93	0,38		94,23	51,05	111,98				147,72	56,16	158,37	240,62
Потери														3,17	15,84	16,15	
Всего на ВН														150,89	72,00	174,52	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

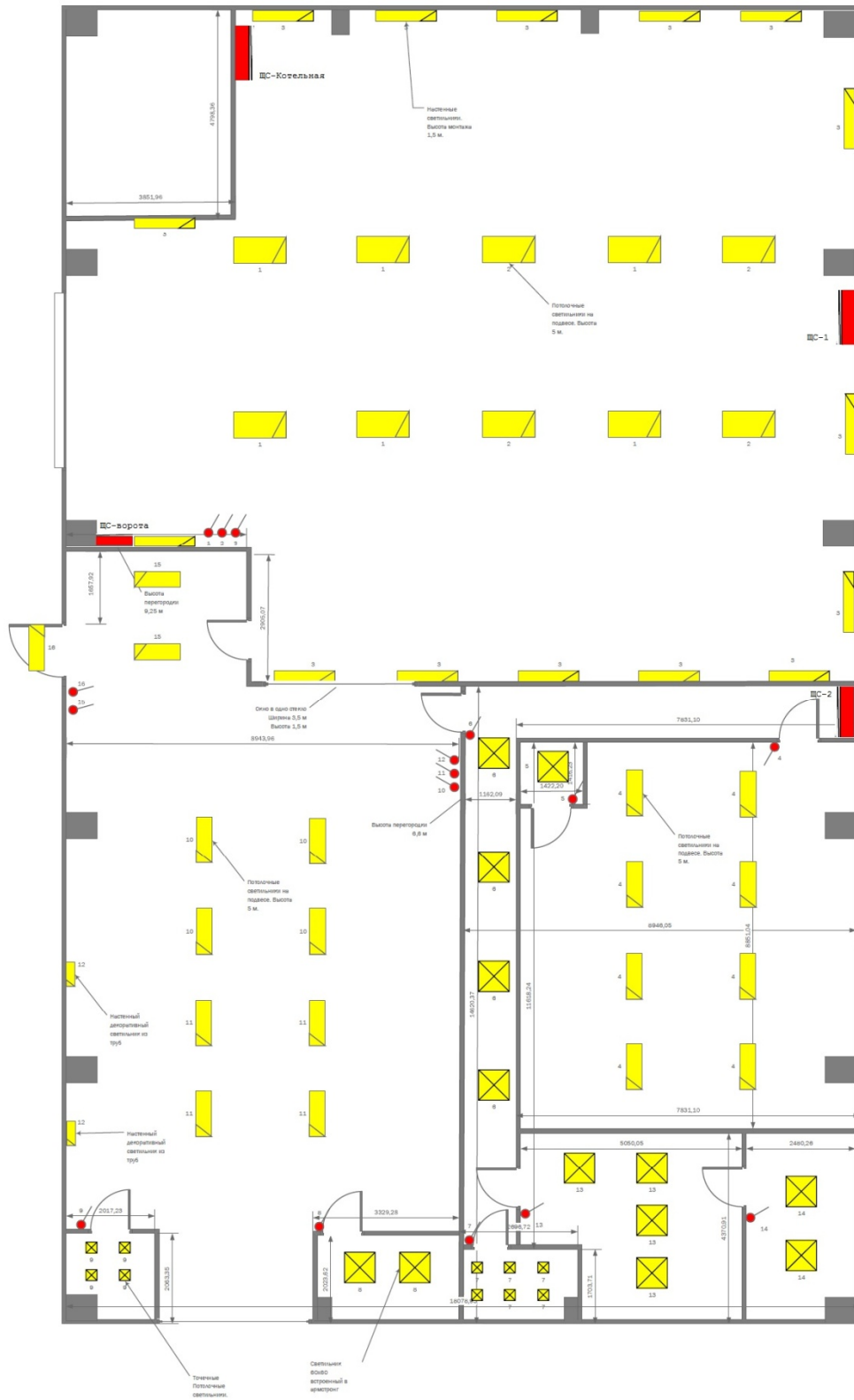


Рисунок В.1 – Схема расположения светильников

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

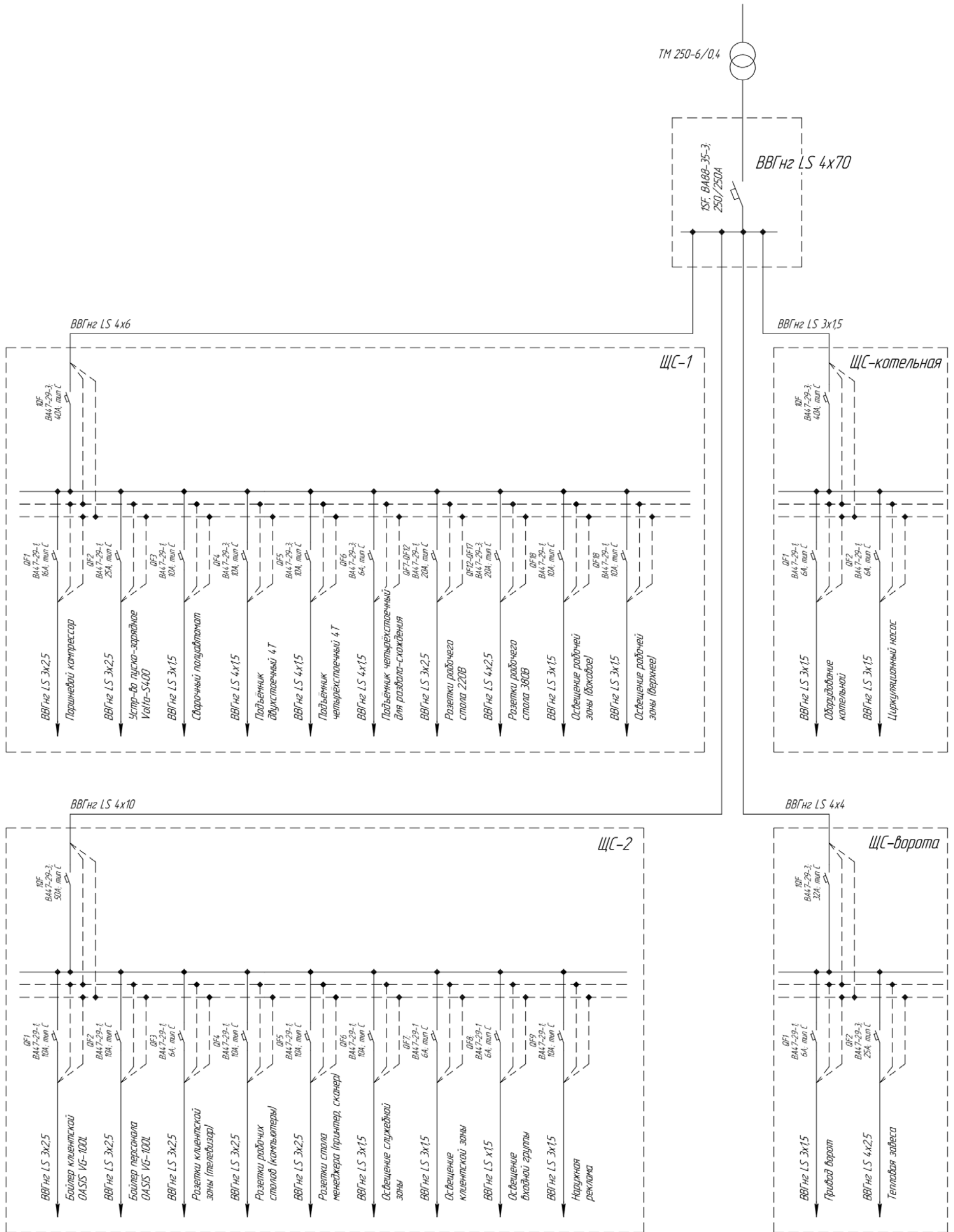


Рисунок Г.1 – Схема однолинейная авторемонтного предприятия