

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Электроснабжение
(направленность (профиль)/(специализация))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Система электроснабжения передвижного комплекса по ремонту
нефтепроводов АО "Транснефть-Дружба"»

Студент

И.А. Строев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Л. Спиридонов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

АННОТАЦИЯ

Аварийно ремонтная машина (автомастерская) – спецавтомобиль, предназначенный для технического обслуживания и ремонта авто-тракторной техники, стационарных агрегатов и оборудования (нефтегазовой, вахто-строительной и сельскохозяйственной отрасли), в местах удаленных от ремонтных баз и источников электропитания.

В работе выполнена разработка системы электроснабжения передвижного комплекса по ремонту магистрального нефтепровода на объектах ПАО «Транснефть-Дружба».

При разработке системы электроснабжения передвижного комплекса учитывалось ее многофункциональность.

В работе произведен расчет электрических нагрузок, потерь мощности, выбор генераторов, компенсация реактивной мощности, выбор схемы электроснабжения, расчет заземления. Расчет токов короткого замыкания с проверкой автоматических выключателей на способность противостоять воздействию ударных токов короткого замыкания.

Работа выполнена в соответствии с требованиями методических и руководящих материалов по проектированию электроснабжения, требований правил ПУЭ, ПТБ и ПТЭ.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Краткая характеристика объекта проектирования	6
1.1. Технологический процесс передвижного комплекса по ремонту нефтепроводов	6
1.2. Электрооборудование передвижного комплекса	13
2. Расчет ожидаемых электрических нагрузок.....	16
2.1. Расчет освещения площадки по ремонту нефтепроводов	16
2.2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок 0,4 кВ	18
3. Выбор источника питания для передвижного комплекса по ремонту нефтепроводов	23
3.1 Выбор установленной мощности генераторной установки передвижного комплекса по ремонту нефтепроводов.....	23
4. Выбор и обоснование схемы электроснабжения	26
5. Расчет токов короткого замыкания.	29
6. Расчет и выбор электрооборудования системы электроснабжения	38
6.1 Выбор коммутационного оборудования.....	38
6.2 Выбор проводников	42
6.3 Выбор трансформаторов тока и трансформаторов напряжения ДГУ	44
6.4 Защита от перенапряжений в сети 0,4 кВ.....	46
7 Проверка селективности автоматических выключателей	47
8 Мероприятия по уравниванию потенциала при проведении ремонта нефтепроводов	48
9 Расчет защитного заземления	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	53

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Одним из основных видов деятельности ПАО «Транснефть-Дружба» является проведение различного рода работ на магистральных трубопроводах.

Чтобы понять актуальность выпускной квалификационной работы немного углубимся в историю. Первым магистральным трубопроводом был бензопровод Батуми-Баку, длиной около 9000 км. Построен он был в начале двадцатого столетия.

К началу 90-х годов возраст большинства магистральных трубопроводов составлял 20-30 лет. В ближайшем будущем половина трубопроводов должна была перешагнуть порог амортизации. Необходимо было срочно искать новую эффективную стратегию технического обслуживания, базирующуюся на ремонте фактически технического состояния трубопровода, т.е. переходить на точечный ремонт.

Ключевую роль в определении технического состояния трубопровода сыграла внутритрубная диагностика, которая ведет сплошное обследование трубопровода и выявляет подавляющее большинство дефектов трубы, являющихся возможными причинами аварий и отказов.

Т.к. магистральные трубопроводы находятся в основной своей массе находятся в труднодоступных местах, источником электрического питания является передвижная дизельная электростанция.

Цель работы. Разработка системы электроснабжения передвижного комплекса по ремонту магистрального нефтепровода на объектах ПАО «Транснефть-Дружба»

1 Краткая характеристика объекта проектирования

1.1 Технологический процесс передвижного комплекса по ремонту нефтепроводов

1.1.1 Производство работ по вырезке участка нефтепровода

Все работы по ремонту магистральных нефтепроводов – а именно врезки запорной арматуры – должны выполняться по правилам выполнения работ, нормативными документами по эксплуатации машинки для резания труб (МРТ) и в соответствии с проектом.

Основным требованием к безопасности при врезки запорной арматуры (катушки) является отсутствие нефтепродуктов в месте реза, а давление воздуха снаружи должно быть равно давлению внутри. Такие условия должны соблюдаться на весь период деятельности.

За сутки непосредственно перед начало ведения работ по условиям техники безопасности должны быть отключены дренажная и катодная защиты, находящиеся на удаление более 9 км от точки ремонта.

При замене катушки ее габариты должны быть больше величины повреждённого участка на 10 см со всех сторон.

Удаление материалов. Предназначенных для изоляции нефтепровода является обязательным условием проведения работ по врезке катушки. Снятие изоляции должно быть произведено не менее чем на 6 см с каждой стороны при резании машинкой для резки труб

При проведении работ часть магистрального трубопровода, на которой производятся работы, должна быть очищена от остатка клейких веществ.

Использование анализаторов воздушной среды на содержание взрывоопасных газов является также обязательным при выполнении резки труб.

Операции по прорезке металла трубы, вбиванию клиньев в надрез, демонтажу МРТ в ремонтном котловане проводят исполнителями работ в шланговом противогазе, если концентрация паров нефти/нефтепродуктов в воздухе рабочей зоны составляет:

-для паров керосина, нефти, дизельного топлива – более 300 мг/м³

-для бензина – более 100 мг/м³

Газоопасные работы должны быть остановлены, а работники должны покинуть котлован при концентрации паров нефти/нефтепродуктов более:

- для паров нефти - более 2100 мг/м³

-для паров бензина – более 1630 мг/м³

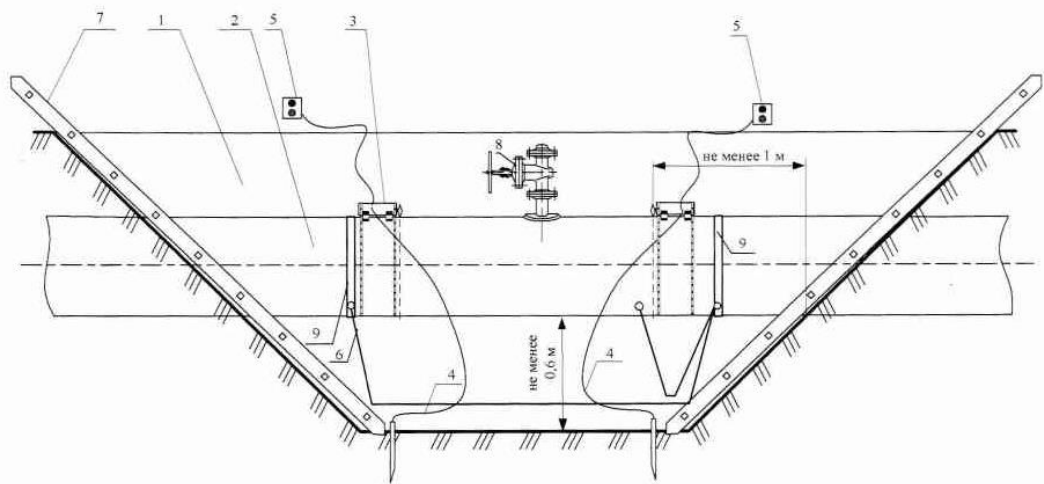
- для паров дизельного топлива- более 3460 мг/м³.

Обязательным условием для рабочих при проведении работ с использованием машины для резки труб является наличие индивидуального газоанализатора. Газоанализатор обязан, находится в непосредственной близости от рабочего при проведении работ непрерывно, когда он находится непосредственно у работающих механизмов с электродвигателями и двигателями внутреннего сгорания.

1.1.2 Вырезка катушки с применением машин для резки труб

Машина для врезки труб должна выполнять операции согласно технологическим картам, однако подача рабочего органа должна быть не более 3 см/мин.

Схема установки МРТ для вырезки катушки приведена на рисунке 1.1.



1 –котлован; 2 – магистральный трубопровод; 3 – машина для резки труб; 4 –заземления машина для резки труб с заземлителем; 5 – пульт управления машины для резки труб; 6 – перемычка для уравнивания потенциалов; 7 – лестница; 8 – вантуз; 9 – гибкая стальная лента (хомут)

Рисунок 1.1 – Схема безогневой резки вырезки катушки

1.1.3 Шунтирующие перемычки.

Перед вырезкой катушки на МТ должна быть установлена шунтирующая перемычка из медного многожильного кабеля сечением не менее 16 мм². Мероприятия по уравниванию потенциала необходимы для прекращения перетоков наводимых и блуждающих токов между участками разрезаемого трубопровода. Перед тем как планируется установка нового элемента – катушки или запорной арматуры необходимо выполнить соединение всех участков либо стальными прутьями с сечениями не менее 25 мм², либо, что применяется гораздо чаще, проводом с сечением более 10 мм².

При это по предварительному исследованию определится величина блуждающих токов, и при существенной их величине, что, как правило наблюдается вблизи железных дорог с подведенной к подвижному составу электроэнергией, сечение медного проводника для уравнивания потенциалов должно быть увеличено до 50 мм². Запорная арматура или участок трубопровода, который подлежит замене, также подлежит соединению в

систему уравнивания потенциала. При соединении трех трубопроводом специальным Т-образным элементом, уравнивание потенциала должно выполняться между всеми четырьмя отрезаемыми участками. Обязательно выполняется оконцевание гибких медных соединительных кабелей медными гильзами с ушами од болт. При сборе системы уравнивания потенциала гильзы болтами прикручиваются к хомутам, которые в свою очередь надежно прижимаются к части трубопровода либо запорной арматуры. Также вся система соединяется с заземлителем.

Подключение системы уравнивания потенциала возможно либо сваркой при отсутствии загазованности, болтами, ввинченными непосредственно в трубу нефтепровода, либо, как основной вариант – хомутами, которые охватывают до блеска начищенную поверхность нефтепровода.

Соединительные провода должны быть остаточной длины для беспрепятственного выполнения всех операций по резке труб.

1.1.4 Порядок демонтажа вырезаемых катушек.

Демонтаж катушек должен проводиться с применением грузоподъемных механизмов.

Строповку катушек следует выполнять инвентарными стропами в соответствии со схемами строповки, разработанными в ППР.

Применяемые съемные грузозахватные приспособления должны иметь бирки паспорта.

В ППР должны быть указаны наименования, грузоподъемность и количество применяемых подъемных сооружений. Приказом определены лица, ответственные за безопасное производство работ с применением подъемных сооружений.

1.1.5 Подготовка и производство сварочно-монтажных работ.

Все подготовительные и сварочные работы должны производиться в строгом соответствии с инструкциями.

Должно выполняться соответствие номенклатур ввариваемых изделий, труб, применяемых деталей и материалов

Все трубы и задвижки перед применением должны проходить гидравлические испытания и выдержана под давлением нормируемое число часов.

1.1.6 Размагничивание стыкуемых труб перед сваркой.

При проведении работы по демонтаже участка нефтепровода с последующим ввариванием запорной арматуры существует вероятность нахождения остаточного магнитного потенциала а трубопроводе. С этой целью производят размагничивание труб. Остаточная намагниченность классифицируется:

- малой – до 2-х мТл;
- средней величины – от 2-х до 3-х мТл;
- большой – более 3 мТл.

Если на трубах остаточная намагниченность имеет значения выше малого, при выполнении сварочных работ происходит дутье дуги магнитным полем.

В случае избыточной намагниченности необходимо выполнить размагничивание. Для этих целей существует несколько способов:

- размагничивание с помощью электромагнитов;
- размагничивание с помощью магнитного поля, создаваемого постоянным током;
- размагничивание с помощью постоянных магнитов.

При этом включение элементов схемы для размагничивания выполняют следующим образом:

- размагничивание каждого трубопровода с применением одного блока постоянного потенциала.

- размагничивание одновременно двух трубопроводов с применением двух блоков постоянного потенциала.

- размагничивание каждого трубопровода с использованием электромагнита.

Замеры величины магнитного поля выполняют при помощи различных приборов:

- индикатор магнитного поля с различными пределами от 1 до 2 кГс или до 4 кГс;

- измеритель напряженности магнитного поля с пределом измерений от 0,5 до 1000 мТл.

Более подробно остановимся на индикаторе магнитного поля, т. к на практике работают в основном с ним.

1.1.7 Индикатор магнитного поля (ИМП-1.2)

Индикатор предназначен для промышленного использования, используется для оценки уровня и полярности постоянного магнитного поля, создаваемого намагниченными объектами. Например, для контроля процесса размагничивания, компенсации при проведении ремонтно-сварочных работ на магистральных трубопроводах

Индикатор предназначен для оценки величины магнитного поля в диапазоне 0...3000 Гс положительной и отрицательной полярности.

Оценка уровня и полярности магнитного поля производится путем измерения величины и знака магнитной индукции с помощью щелевого датчика магнитного поля, последующего преобразования и индикации полученной величины на жидкокристаллическом экране.

Индикатор сохраняет работоспособность при температуре от -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 90% при 25°C .

1.1.8 Проведение измерений в режиме слежения за величиной магнитного поля.

Перед проведением работ проверяется заряд батареи. Индикатор заряда батареи находится на дисплее. При необходимости батарею заменить.

Включение рабочего режима индикатора производится с помощью кнопки включения питания. При этом производится калибровка датчика. Для уменьшения влияния внешних помех включение индикатора перед измерением производить на расстоянии датчика не менее 50 см от металлических предметов.

Датчик магнитного поля помещается своей чувствительной зоной в область, где необходимо произвести измерение величины магнитного поля. Чувствительная зона датчика расположена на расстоянии 3мм от его края в виде прямоугольника размерами 5*4мм.

После окончания измерения датчик магнитного поля извлекается из области, где производилось измерение. Выключение индикатора происходит автоматически.

Для повторного измерения необходимо произвести калибровку датчика путем включения индикатора на удалении не менее 50 см от металлических предметов.

1.1.9 Размагничивание труб методом магнитной компенсации.

Размагничивание методом магнитной компенсации осуществляют созданием на концах труб компенсирующего магнитного поля, направленного против поля остаточного магнетизма, по специальным методикам с выполнением мер, снижающих уровень магнитно поля до приемлемой для процесса сварки величины.

Для размагничивания торцов труб нужно применение следующего комплекта оборудования и материалов:

-Источник постоянного тока (Сварочный агрегат или выпрямитель), позволяющий выполнять регулировку тока в пределах от 50 до 250 А;

-сварочный кабель сечением от 30 до 50 мм² и длиной, достаточной для намотки 15 витков на трубу на каждый стык.

-кабельные наконечники в комплекте с болтами и гайками – два комплекта на кабель.

-Магнитометр.

На расстоянии от 100 до 150мм от кромки на концы стыкуемых элементов провести намотку сварочного кабеля плотными, равномерными однорядными витками.

Намотка кабеля должна проводиться в одном направлении, количество витков определяют величиной намагниченности. На конец трубы МТ, имеющего большую намагниченность. Наматывают от 7 до 11 витков, на конец катушки - от 3 до 5 витков кабеля.

При снижении величины магнитного поля в процессе разделки собранного стыка до 2 мТл и ниже, величину тока необходимо уменьшить от 10 до 20А и провести дополнительное размагничивание, при котором осуществляется сварка корневого слоя шва. После сварки корневого слоя шва источник питания выключают, сварку последующих швов выполняют без дальнейшего размагничивания.

1.2 Электрооборудование передвижного комплекса

Передвижная ремонтная мастерская (в дальнейшем ПРМ.) имеет два основных потребителя электрического тока.

В первом случае к ПРМ подключается электрооборудование для вырезки врезки катушек, соединительных деталей, заглушек, запорной и регулирующей арматуры, подключение участков трубопроводов, приварка эллиптических заглушек. (В дальнейшем ВВК)

Во втором случае к ПРМ подключается жилой городок, состоящий из 6 жилых вагонов, 1 вагона-сушилки и 1 вагон-столовая.

Т.к потребности в электричестве для работ по ВВК гораздо меньше, чем у жилого городка, к ПРМ подключаются дополнительные щиты распределения с дистанционным пультами управления во взрывозащищенном исполнении

Одним из наиболее главных подключаемым электрооборудованием является «машина для безогневой резки труб» или МРТ. МРТ 325-1420 «Волжанка 3» предназначена для безогневой резки труб диаметром 325-1420 мм с помощью специального лезвийного инструмента. Условное обозначение при заказе: Машина МРТ 325-1420 «Волжанка 3» ТУ 4834-030-001391172005 при работе Машина обеспечивает вырезку поврежденных участков трубопроводов и линейной арматуры при истечении нефти без избыточного давления во взрывоопасных зонах класса 1 и 2 по ГОСТ 30852.5, а также согласно ПУЭ (издание 7, глава 7.3). Машина эксплуатируется в условиях умеренного климата, климатическое исполнение- «У», категория размещения I ПО гост 15150-69. Машина имеет маркировку о взрывобезопасности II.

Таблица 1.1 – технические характеристики МРТ 325-1420

Параметр	Величина
Частота вращения, об/мин	Не более 52
Подача режущего инструмента, мм/мин	26
Период резания, мин., с	35-140
Глубина резания максимальная, мм	18
Несовпадение контура реза при использовании направляющих, мм	2
Привод	Электро
Напряжение	380 Вольт
Электродвигатель IExdIIBT3	
Мощность, кВт	2,4
Частота вращения, об/мин	3000

Продолжение таблицы 1.1

Габариты МРТ	
Длина, мм	640
Ширина, мм	540
Высота, мм	340
Габариты пульта	
Длина, мм	1300
Высота, мм	610
Ширина, мм	110
Масса машины, кг	105
Система подачи СОЖ для МРТ	
Производительность, л/час	100

Перечень и установленная мощность оборудования приведена в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Перечень и установленная мощность оборудования

Оборудование	Количество	Мощность, кВт
МРТ 325-1420 «Волжанка 3»	2	2,4
МРТ 325-1420 «Волжанка 2»	2	2,2
МРТ 219-820 «Волжанка 1»	3	2
Компрессор	1	1,8
Светильник Вэлан	5	0,8
Сварочный аппарат «урал мастер 300»	4	10
Сварочный аппарат ВД-320	1	10
Печь для прокали электродов	1	2,8
Болгарка Makita 230	2	2
Болгарка Makita 125	2	0,72
Дрель Makita	1	1

2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок

2.1 Расчет освещения площадки по ремонту нефтепроводов

Выполняем расчет освещения промышленной площадки методом удельной мощности. Работы выдутся на открытом воздухе на площади 250 м². Необходимая мощность светильников:

$$P=S \cdot P_{уд} \quad (2.1)$$

где S – освещаемая площадь;

$P_{уд}$ – удельная мощность.

Согласно справочной литературы для открытых производственных площадок и ртутных ламп

$$P=250 \cdot 16=4000 \text{ Вт}$$

Принимаем пять светильников Вэлан с лампами ДРЛ-800 мощность по 0,8 кВт и световым потоком 26000 лм.

Выполняем расчет освещения вагончиков методом коэффициента использования светового потока. Габариты вагончиков 2,8x8 м, жилые вагончики рассчитаны на проживание 4 человек, а вагон столовая на одновременный приме пищи на 24 человека и кухню – составной из двух вагончиков. Высота вагончиков 2,2 м. Для выполнения освещения используем светильники с люминесцентными лампами под цоколь E27 лампами мощностью 36 Вт.

Определяем расчетную высоту для данного помещения по формуле:

$$h_p=H-h_{pn}-h_{зс}, \quad (2.2)$$

где h_p – расчетная высота, м;

H – высота помещения, м;

h_{pn} – уровень рабочей поверхности, м;

$h_{зс}$ – высота размещения светильника, м.

$$h_p = 2,2 - 1,0 - 0,1 = 1,1 \text{ м}$$

Также определяем для КСС типа Д наиболее выгодное расстояние между светильниками $L_{opt} = 2,0$ м.

Для дальнейшего расчета определим индекс помещения. для этого воспользуемся формулой:

$$j = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)} \quad (2.3)$$

где i – индекс помещения;

A, B – геометрические размеры помещения, м.

$$i = \frac{2,2 \cdot 8}{1,1(2,2 + 8)} = 1,57$$

Для значений коэффициентов отражений потолка, стен и рабочей поверхности соответственно 0,3, 0,1 и 0,1 и рассчитанного индекса помещения определяем величину коэффициента использования светотехнической установки U_{oy} . В нашем случае $U_{oy} = 82,2$ %.

Рассчитываем необходимое количество световых приборов в помещении:

$$N = \frac{E_{cp} \cdot A \cdot K_3}{U_{ot} \cdot \Phi_l \cdot n} \quad (2.4)$$

где E_{cp} – усредненное значение освещенности;

A – площадь осветительной поверхности;

n – количество ламп в осветительной установке;

$\Phi_{л}$ – поток излучения одной лампы;

$K_з$ – коэффициент запаса осветительной установки;

$$N = \frac{200 \cdot 17,6 \cdot 1,3}{0,822 \cdot 1100 \cdot 1} = 5,07$$

Таким образом для освещения помещения слесарного цеха получили 5 светильников с лампами 36 Вт.

Установленная мощность освещения одного бытового вагончика 180 Вт, столовой 360 Вт.

2.2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок 0,4 кВ

Расчет нагрузок электрооборудования выполняем двумя методами. Для промышленных нагрузок методом упорядоченных диаграмм, а для бытовых потребителей (жилых вагончиков) – методом коэффициента спроса.

Расчетные коэффициенты для промышленных потребителей приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Расчетные коэффициенты оборудования

Оборудование	$\cos\varphi$	$Kи$
МРТ 325-1420 «Волжанка 3»	0,65	0,25
МРТ 325-1420 «Волжанка 2»	0,65	0,25
МРТ 219-820 «Волжанка 1»	0,65	0,25
Компрессор	0,7	0,7
Светильник Вэлан	1	0,9
Сварочный аппарат «Урал мастер 300»	0,5	0,2

Продолжение таблицы 2.1

Сварочный аппарат ВД-320	0,5	0,2
Печь для прокалики электродов	0,9	0,75
Болгарка Makita 230	0,7	0,12
Болгарка Makita 125	0,7	0,12
Дрель Makita	0,6	0,1

Расчет нагрузок методом упорядоченных диаграмм осуществляем в следующем порядке:

1. Электроприёмники разбиваем на однородные по режиму работы группы с одинаковыми значениями коэффициентов использования и коэффициентов мощности;

2. В каждой группе электроприёмников и по узлу в целом находим пределы их номинальных мощностей и приведённое число приёмников, при этом все электроприёмники приводятся к ПВ=100%;

3. Подсчитываем номинальную мощность узлов:

$$\sum P_{НОМ} = P_{НОМ} \cdot n \quad (2.5)$$

4. Для групп электроприёмников определяют коэффициент использования и коэффициент мощности $\cos\varphi$ по справочным таблицам и по характеристикам оборудования.

5. Вычисляют активную и реактивную потребляемую мощность за наиболее загруженную смену:

$$P_{см} = K_u \cdot \sum P_{НОМ} \quad (2.6)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (2.7)$$

6. Суммарная активная и реактивную нагрузка вычисляется для узла для разнородных групп электроприёмников.

7. Средневзвешенное значение коэффициента использования узла и коэффициента мощности определяем по зависимостям:

$$k_{и.сб} = \frac{P_{см}}{\sum_1^n P_{ном}} \quad (2.9)$$

$$tg\varphi = \frac{Q_{см}}{P_{см}} \quad (2.10)$$

8. Определяем эффективное приведённое число электроприёмников n_n ,

$$n_n = \frac{\left(\sum_1^n P_{ном}\right)^2}{\sum_1^n P_{ном}^2} \quad (2.11)$$

9. Определяем расчётную максимальную нагрузку:

$$P_M = P_{см} K_M \quad (2.12)$$

10. Полная мощность находится по соотношению:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} \quad (2.13)$$

а также расчётный ток:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{НОМ}} \quad (2.14)$$

Так как сварочный аппарат включен на фазное напряжение, то эквивалентная трехфазная мощность будет равна утроенной однофазной:

$$P_{ном3-ф} = 3P_{ном} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ кВт}$$

Аналогично на фазное напряжение включены болгарки и дрель, их мощность также умножаем на три.

Сводим расчеты в таблицу 2.2.

Также выполним расчет бытовых потребителей, которые питаются от генераторной подстанции при отсутствии технологического процесса. Установленная мощность одного вагончика, в котором установлены электрический бойлер, электрические бытовые приборы, электрическое отопление $P_{уст} = 32$ кВт. Установленная мощность вагона – сушилки составляет $P_{уст} = 54$ кВт, а вагон столовая $P_{уст} = 28$ кВт.

Выполним расчет методом коэффициента спроса. Для бытовых сооружений без газоснабжения при числе сооружений до 10 $K_c=0,35$.

$$P_p = P_{уст} \cdot K_c \quad (2.15)$$

$$P_p = (32 \cdot 6 + 54 + 28) \cdot 0,35 = 95,9 \text{ кВт.}$$

Определяем полную расчетную мощность бытовых потребителей:

$$S_p = P_p / \cos\varphi \quad (2.16)$$

Коэффициент мощности бытовых потребителей $\cos\varphi=0,8$

$$S_p = 95,9 / 0,8 = 119,9 \text{ кВА}$$

Таблица 2.2 – Расчет нагрузок

Номер ЭП по плану	Наименование ЭП	Число элек- тро- прие- мни- ков, n	Установленная мощность, приведенная к ПВ = 1		K _и	cosφ	tg φ	Средне- сменная нагрузка, кВт		Эффективное число электро- приемников, n _э	K _{макс}	Максимальная расчетная нагрузка, кВт			I _{макс}
			P _н , кВт	ΣP _н , кВт				P _{см}	Q _{см}			P _{макс}	Q _{макс}	S _{макс}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Группа А															
1	МРТ 325-1420 «Волжанка 3»	2	2,4	4,8	0,25	0,65	1,17	1,2	1,4	7					
2	МРТ 325-1420 «Волжанка 2»	2	2,2	4,4	0,25	0,65	1,17	1,1	1,3						
3	МРТ 219-820 «Волжанка 1»	3	2	6	0,25	0,65	1,17	1,5	1,8						
4	Сварочный аппарат «урал мастер 300»	4	30	120	0,2	0,5	1,73	24,0	41,6						
5	Сварочный аппарат ВД-320	1	30	30	0,2	0,5	1,73	6,0	10,4						
6	Болгарка Makita 230	2	6	12	0,12	0,7	1,02	1,4	1,5						
7	Болгарка Makita 125	2	2,16	4,32	0,12	0,7	1,02	0,5	0,5						
8	Дрель Makita	1	3	3	0,1	0,6	1,33	0,3	0,4						
		17		185				36,1	58,8		1,37	49,5	64,7	81,4	123,7
Группа Б															
9	Компрессор	1	1,8	1,8	0,75	0,95	0,33	1,4	0,4			1,4	0,4		
10	Светильник Вэлан	5	0,8	4	0,75	0,8	0,75	3,0	2,3			3,0	2,3		
11	Печь для прокатки электродов	1	2,8	2,8	0,75	0,95	0,33	2,1	0,7			2,1	0,7		
		7		8,6				6,5	3,4			6,5	3,4	7,3	11,1
	Итого	24		193,12				42,5	62,2			55,9	68,1	88,1	133,8

3 Выбор источника питания для передвижного комплекса по ремонту нефтепроводов

3.1 Выбор установленной мощности генераторной установки передвижного комплекса по ремонту нефтепроводов

Выбор генератора осуществляем по следующим условиям. Напряжение питания потребителей:

$$U_{ген} = U_{сети} \quad (3.1)$$
$$380 = 380 \text{ В}$$

Соответствие активной мощности бытовых и производственных потребителей:

$$P_{ген} > P_{р.быт} \quad (3.2)$$
$$100 > 55,9 \text{ кВт}$$

$$P_{ген} > P_{р.произв} \quad (3.3)$$
$$100 > 95,9 \text{ кВт}$$

Соответствие полной мощности бытовых и производственных потребителей:

$$S_{ген} > S_{р.быт} \quad (3.4)$$
$$125 > 119,9 \text{ кВт}$$

$$S_{ген} > S_{р.произв} \quad (3.5)$$
$$125 > 88,1 \text{ кВт}$$

Выбираем дизель-генераторную установку типа АЗИМУТ АД 100с-Т400-1РМ11. Генератор АЗИМУТ изготовлен в соответствии с требованиями

нормативов NEMA9 (Национальная ассоциация производителей электрооборудования (США)) для каплезащитных электрических машин открытого исполнения. Данный генератор состоит из основного генератора, бесщеточной системы возбуждения переменного тока, вращающихся выпрямителей, автоматического регулятора напряжения, распределительной коробки. Эксплуатационные характеристики:

1. Генератор данной серии может эксплуатироваться в продолжительном режиме при номинальной нагрузке в следующих условиях:

- а. Температура воздуха -40 градусов по Цельсию;
- б. Надлежащая вентиляция рабочей зоны.

2. Электрические характеристики:

а. Нестабильность выходного напряжения в установившемся режиме: менее 1,0%;

б. Нестабильность выходного напряжения в переходном режиме: более 20%;

в. Диапазон регулирования напряжения: 95-105 %;

г. Искажение формы сигнала без нагрузки, мене 55 (линейного напряжения).

В таблице 3.1 приводим технические характеристики всей установки, в таблице 3.2 дизельного двигателя, в таблице 3.3 – генератора.

Таблица 3.1 – Технические данные дизель-генераторной установки

Модель	АЗИМУТ АД 100с-Т400-1РМ11
Постоянная мощность, кВА	125
Постоянная мощность, кВт	100
Резервная мощность, кВА	137,5
Резервная мощность, кВт	110
Ёмкость топливного бака, л	270
Потребление топлива, л/ч	28,5
Тип запуска	электростартер

Таблица 3.2 – Технические данные дизельного двигателя

Дата производства	Сентябрь 2018
Марка	АЗИМУТ
Модель	6R650TDI
Количество цилиндров	6
Рабочий объем, л	6,75
Номинальная мощность, кВт	110
Максимальная мощность, кВт	121
Частота вращения, об/мин	1500
диаметр цилиндра, мм	105
Ход поршня, мм	130
Порядок зажигания в цилиндрах	1-5-3-6-2-4
Напряжение стартера, Вольт	24
Подача воздуха	Турбонадув с интеркуллером
Направление вращения коленчатого вала	По часовой стрелке
Уровень шума, Дб	<110
Марка моторного масла	Лукойл авангард
Марка охлаждающей жидкости	*Стандарт качества А-40М* синий

Таблица 3.3 – Технические данные генератора

Дата производства	Сентябрь 2018
Марка	АЗИМУТ
Модель	Z-274D
Постоянная мощность кВА,	125
Постоянная мощность кВт,	100
Резервная мощность, кВА	137,5
Резервная мощность, кВт	11
Частота, Гц	50
Напряжение, Вольт	230/400
Количество фаз	3
Количество полюсов	4
Кф электрической мощности	Cos 0,8
Сила тока, ампер	180
Класс защиты	IP 22
Класс изоляции	H

4 Выбор и обоснование схемы электроснабжения

В практике электроснабжения существуют схемы двух основных типов – магистральная и радиальная. Также часто используется смешанная схема, объединяя части двух названных. Основным преимуществом радиальной схемы является ее надежность, а магистральной – более низкие стоимостные показатели.

От дизельной электростанции питается главный распределительный щит ПРМ (передвижная ремонтная мастерская). От главного распределительного щита питаются щиты жилых вагончиков (ЩЖВ) и щит производственных потребителей ЩПП.

Предполагаем выполнение электрической сети кабелем ВБбШв для полустационарных установок и ВВГ для других механизмов. Предварительно намечаем сечения проводников для расчета токов короткого замыкания. Выбор проводников осуществляем по расчетному току для распределительных щитов и по номинальному току для электроприемников.

Расчетный ток для щита:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H} \quad (4.1)$$

Расчетный ток жилого вагончика

$$I_p = \frac{119}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 171,6A$$

Расчетный ток щита производственных потребителей

$$I_p = \frac{88,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 127,16A$$

Номинальный ток трехфазных потребителей:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3}U \cos\varphi} \quad (4.2)$$

Номинальный ток однофазных потребителей:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{U_H \cos\varphi} \quad (4.3)$$

Ток МРТ 325-1420 «Волжанка 3» мощностью 2,4 кВт:

$$I_{НОМ} = \frac{2,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,65} = 5,32 \text{ А}$$

Ток однофазного кондиционера мощностью 1,5 кВт, установленного в жилом вагончике:

$$I_{НОМ} = \frac{1,5}{0,22 \cdot 0,85} = 8,02 \text{ А}$$

Выбор проводников осуществляем по таблице 1.3.15. Условие выбора:

$$I_{НОМ} < I_{ДОП} \quad (4.4)$$

Для МРТ 325-1420 «Волжанка 3» принимаем кабель ВВГ 4х2,5 мм² с допустимым током 26 А. Выполняем проверку:

$$5,2 < 26 \text{ А}$$

Для кондиционера принимаем провод ПВЗ 2х2,5 мм² с допустимым током 33 А. Сечение 2,5 мм² минимально допустимое по механической прочности. Выполняем проверку:

$$8,02 < 33\text{А}$$

Выбор остальных проводников сводим в таблицу

Таблица 4.1 – Выбор проводников по нагреву

Электроприемник	$P_{ном}, \text{кВт}$	$\cos\varphi$	$I_{ном}, \text{А}$	$I_{доп}, \text{А}$	Тип кабеля
МРТ 325-1420 «Волжанка 3»	2,4	0,65	5,32	26	ВВГ 4х2,5
МРТ 325-1420 «Волжанка 2»	2,2	0,65	4,88	26	ВВГ 4х2,5
МРТ 219-820 «Волжанка 1»	2	0,65	4,44	26	ВВГ 4х2,5
Сварочный аппарат «урал мастер 300»	10	0,5	90,9	101	ВБбШв 2х16
Сварочный аппарат ВД-320	10	0,5	90,9	101	ВБбШв 2х16
Болгарка Makita 230	2	0,7	13	33	ВВГ 2х2,5
Болгарка Makita 125	0,72	0,7	4,6	33	ВВГ 2х2,5
Дрель Makita	1	0,6	7,58	33	ВВГ 2х2,5
Компрессор	1,8	0,95	2,73	26	ВБбШв 4х2,5
Светильник Вэлан	0,8	0,8	4,54	33	ВВГ 2х2,5
Печь для прокалики электродов	2,8	0,95	13,39	33	ВВГ 2х2,5

Вагончики подключены по магистральной схеме. Для щита первого в цепочке жилого вагончика принимаем кабель ВБбШв 4х70 мм² с допустимым током 185 А. Выполняем проверку:

$$171 < 185\text{А}$$

Для щита производственных потребителей принимаем кабель ВБбШв 4х50 мм² с допустимым током 145 А. Выполняем проверку:

$$127,16 < 145\text{А}$$

Все неравенства выполняются, выбор на предварительном этапе выполнен верно.

5 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания выполняем в именованных единицах. Точки короткого замыкания выбираем на зажимах генератора, на главном распределительном щите, на щите одного из жилых вагончиков, электроприемнике вагончика (кондиционере), щите производственных потребителей и самом мощном силовом электроприемнике – сварочный аппарат 10 кВт. Выбираем среднее номинальное напряжением сети $U_{ср.н}=0,4$ кВ. Исходную схему и схему замещения представим на рисунке 5.1 и 5.2.

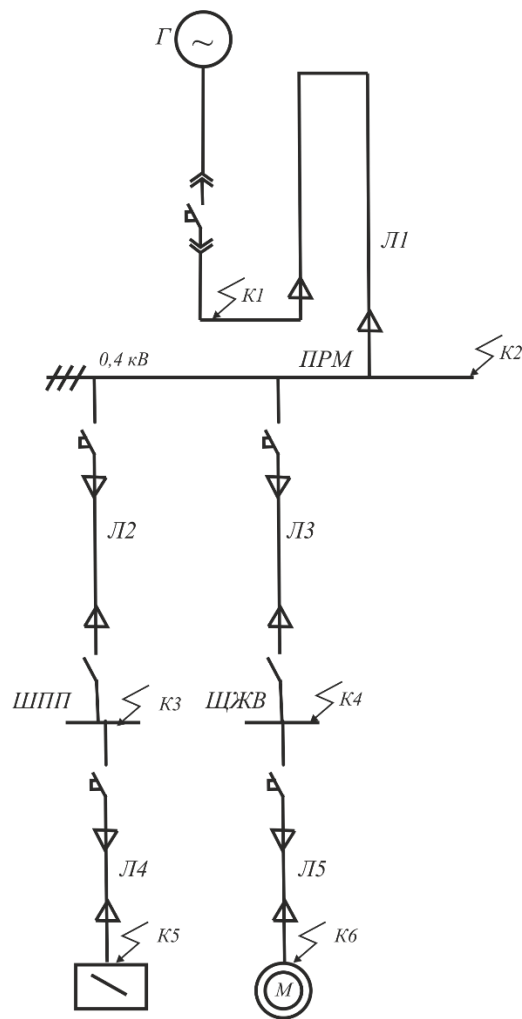


Рисунок 5.1 – Однолинейная схема элементов для расчета токов КЗ

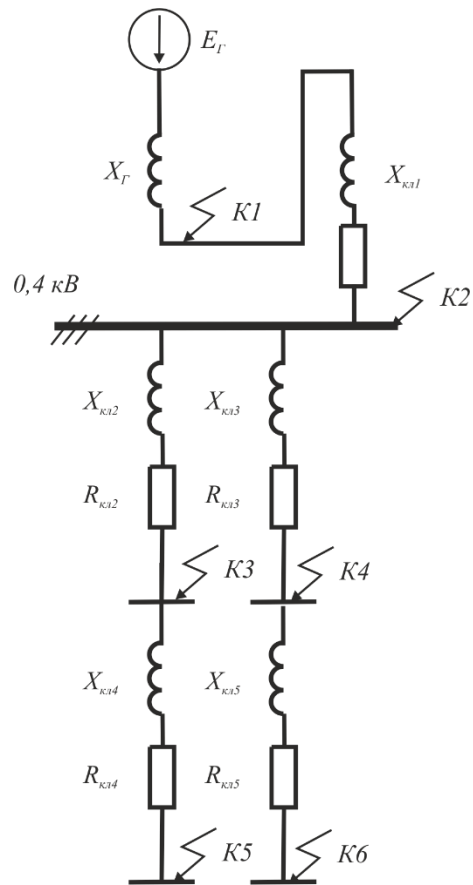


Рисунок 5.2 – Схема замещения для расчета токов КЗ

Сопротивление, генератора:

$$X_G = x_d 2'' \frac{U_n^2}{P_n} \quad (5.1)$$

$$X_G = 0,25 \cdot \frac{0,4^2}{100} = 0,4 \text{ Ом}$$

Сопротивление линий:

$$R_{кв} = r_0 i \cdot \left(\frac{U_{cp.осн}^2}{U_{cp.i}^2} \right) \quad (5.2)$$

$$X_{кл} = x_0 i \cdot \left(\frac{U_{cp.осн}^2}{U_{cp.i}^2} \right) \quad (5.3)$$

Так как напряжение прокладки линий и точек КЗ совпадают, то часть формул в скобках опускаем.

Сопротивление линии сечением 70 мм^2 длиной 5 м от генератора до главного щита ПРМ:

$$R_{кл1} = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мОм}$$

$$X_{кл1} = 0,073 \cdot 5 = 0,365 \text{ мОм}$$

Сопротивление линии сечением 50 мм^2 длиной 50 м от щита ПРМ до ЩПП:

$$R_{кл2} = 0,43 \cdot 50 = 21,5 \text{ мОм}$$

$$X_{кл2} = 0,086 \cdot 50 = 4,3 \text{ мОм}$$

Сопротивление линии сечением 70 мм^2 длиной 35 м от щита ПРМ до ЩЖВ:

$$R_{кл3} = 0,3 \cdot 35 = 10,5 \text{ мОм}$$

$$X_{кл3} = 0,073 \cdot 35 = 2,6 \text{ мОм}$$

Сопротивление линии сечением $2,5 \text{ мм}^2$ длиной 20 м от щита ЩПП до МРТ 325-1420 «Волжанка 3»:

$$R_{кл4} = 8,6 \cdot 20 = 172 \text{ мОм}$$

$$X_{кл4} = 1,4 \cdot 20 = 28 \text{ мОм}$$

Сопротивление линии сечением $2,5 \text{ мм}^2$ длиной 8 м от щита ЩЖВ до кондиционера:

$$R_{кл5} = 8,6 \cdot 8 = 68,8 \text{ мОм}$$

$$X_{кл5} = 1,4 \cdot 8 = 11,2 \text{ мОм}$$

При расчете токов КЗ в сетях до 1000 В необходимо учитывать переходные сопротивления контактов. Вводим дополнительные сопротивления для каждого коммутационного аппарата – 5 мОм.

Произведем расчет тока КЗ в точке K_1 .

Суммарное активное сопротивление:

$$R_{\Sigma K1} = R_{ооо} = 5 \text{ мОм} \quad (2.50)$$

Суммарное реактивное сопротивление:

$$X_{\Sigma K1} = X_{Г} = 0,4 \text{ мОм} \quad (2.51)$$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2}} \quad (2.52)$$

$$I_{K3}^3 = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{5^2 + 0,4^2}} = 46 \text{ кА}$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{кз}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{кз}^{(3)} \quad (2.53)$$

$$I_{кз}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 46 = 38 \text{ кА}$$

Ток однофазного КЗ:

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{U_{ср.ф}}{\left(\sqrt{r_{\phi} + r_0}\right)^2 + \left(x_{\phi 0}\right)^2} \quad (2.54)$$

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{230}{\left(\sqrt{5+4}\right)^2 + (1,3)^2} = 32 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ. Для соотношения $\frac{X_{\Sigma КЗ}}{R_{\Sigma КЗ}} = \frac{0,4}{5} = 0,08$ ударный коэффициент $K_y = 1,0$.

$$i_y = \sqrt{2} K_y I_{кз}^{(3)}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 46 = 65 \text{ кА}$$

Мощность трехфазного КЗ:

$$S_{кз} = \sqrt{3} U_{ср.л} I_{кз}^{(3)}$$

$$S_{кз} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 46 = 31,87 \text{ МВА}$$

Произведем расчет тока КЗ в точке K_2 .

Суммарное активное сопротивление:

$$R \sum K2 = R_{кЛ1} + R_{доп} = 1,5 + 10 = 11,5 \text{ мОм}$$

Суммарное реактивное сопротивление:

$$X \sum K2 = X_{Г} + X_{кЛ1} = 0,4 + 0,365 = 0,765 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{11,5^2 + 0,765^2}} = 10,672 \text{ кА}$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{КЗ}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10,678 = 9,32 \text{ кА}$$

Ток однофазного КЗ:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{230}{\sqrt{(11,2 \cdot 3)^2 + (3,29 \cdot 3)^2}} = 6,5 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ. Для соотношения $\frac{X \sum K3}{R \sum K3} = \frac{0,3}{21,5} = 0,013$ ударный коэффициент $K_y = 1,0$.

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 10,672 = 15,029 \text{ кА}$$

Мощность трехфазного КЗ:

$$S_{k3} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10,672 = 7,36 \text{ MVA}$$

Произведем расчет тока КЗ в точке К₃ .

Суммарное активное сопротивление:

$$R_{\sum K3} = R_{KЛ1} + R_{KЛ2} + R_{ДОП} = 1,5 + 21,5 + 10 = 33 \text{ мОм}$$

Суммарное реактивное сопротивление:

$$X_{\sum K2} = X_{Г} + X_{KЛ1} + X_{KЛ2} = 0,4 + 1,5 + 4,3 = 6,2 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{33^2 + 6,2^2}} = 6,88 \text{ кА}$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6,88 = 5,96 \text{ кА}$$

Ток однофазного КЗ:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{230}{\sqrt{(33)^2 + (6,2 \cdot 3)^2}} = 6,01 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ. Для соотношения $\frac{X_{\sum K3}}{R_{\sum K3}} = \frac{6,2}{33} = 0,19$ ударный

коэффициент $K_y = 1,0$.

$$i_y = \sqrt{2 \cdot 1,0 \cdot 6,88} = 9,73 \text{ кА}$$

Мощность трехфазного КЗ:

$$S_{k3} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 6,88 = 4,77 \text{ МВА}$$

Произведем расчет тока КЗ в точке К₅.

Суммарное активное сопротивление:

$$R \sum K5 = R_{KL1} + R_{KL2} + R_{KL4} + R_{ДОП} = 1,5 + 21,5 + 172 + 15 = 210 \text{ мОм}$$

Суммарное реактивное сопротивление:

$$X \sum K5 = X_{Г} + X_{KL1} + X_{KL2} + X_4 = 0,4 + 0,365 + 4,3 + 28 = 33,065 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{172^2 + 33,065^2}} = 1,32 \text{ кА}$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,32 = 1,14 \text{ кА}$$

Ток однофазного КЗ:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{230}{\sqrt{(210)^2 + (33,065 \cdot 3)^2}} = 1,01 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ. Для соотношения $\frac{X \sum K3}{R \sum K3} = \frac{33,065}{210} = 0,157$ ударный коэффициент $K_y = 1,0$.

$$i_y = \sqrt{2 \cdot 1,0 \cdot 1,32} = 1,87 \text{ кА}$$

Мощность трехфазного КЗ:

$$S_{K3} = \sqrt{3} \cdot 0,41,32 = 0,91 \text{ МВА}$$

Результаты расчета токов КЗ в других точках сводим в таблицу

Таблица 5.1 – Результаты расчетов токов КЗ

Точка КЗ	$R_{\text{доб}},$ мОм	$R_{\Sigma},$ мОм	$X_{\Sigma},$ мОм	$I_{\kappa}^{(3)},$ кА	$I_{\kappa}^{(2)},$ кА	$I_{\kappa}^{(1)},$ кА	K_y	$i_y^{(3)},$ кА	$S_{\kappa}^{(3)},$ МВА
К1	5	5	0,4	46	38	32	1	65	31,87
К2	10	11,5	0,765	10,67	9,32	6,5	1	15	7,36
К3	10	33	6,2	6,88	5,96	6,01	1	9,73	4,77
К4	10	22	4,5	8,7	7,4	6,8	1	12,7	5,11
К5	15	210	33,065	1,32	1,14	1,01	1	1,87	0,91
К6	15	90,8	15,7	-	-	2,2	1	-	-

6 Расчет и выбор электрооборудования системы электроснабжения

6.1 Выбор коммутационного оборудования

Автоматические выключатели напряжением до 1 кВ выбираются по следующим условиям:

1. по номинальному напряжению

$$\begin{aligned}U_{\text{ном}} &\geq U_{\text{ном.уст.}}; \\U_{\text{ном}} &\geq U_{\text{ном.уст.}} = 0,38 \text{ кВ};\end{aligned}\tag{6.1}$$

2. по номинальному току теплового расцепителя

$$I_{\text{т.р.}} \geq k_{\text{расц.}} \cdot I_{\text{ном.ЭП}};\tag{6.2}$$

где $k_{\text{расц.}}$ – коэффициент теплового расцепителя, для нерегулируемого теплового расцепителя $k_{\text{расц.}} = 1,15$, для группы электроприемников $k_{\text{расц.}} = 1,1$; для сварочного аппарата ВД-320

$$I_{\text{т.р.}} \geq 1,15 \cdot 90,9 = 104,59 \text{ А};$$

3. по номинальному току электромагнитного расцепителя

- для одиночного электроприемника

$$I_{\text{у.э.р.}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}};\tag{6.3}$$

где $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток,

$$I_{\text{пуск}} = 2 \sim 5 \cdot I_{\text{ном}};\tag{6.4}$$

- для группы электроприемников

$$I_{у.э.р.} \geq 1,25 \cdot I_{пик}; \quad (6.5)$$

$$I_{пуск} = 2,5 \cdot 104,59 = 263,2 \text{ A};$$

$$I_{у.э.р.} \geq 1,2 \cdot 263,2 = 315,9 \text{ A}.$$

4. по номинальному току автоматического выключателя

$$I_{ном.АВ.} \geq I_p; \quad (6.9)$$

где I_p – расчетный ток линии, А.

Расчетный ток определяется в зависимости от числа электроприемников, получающих питание по линии.

- для одиночного электроприемника

$$I_p = I_{ном.ЭП}; \quad (6.10)$$

- для группы электроприемников

$$I_p = \sum I_{ном.ЭП}; \quad (6.11)$$

$$I_p = 171,76 \text{ A}.$$

Принимаем к установке автоматический выключатель ВА51-25 $I_{ном.АВ} = 125 \text{ A}$, $I_{т.р.} = 125 \text{ A}$ параметры которого представлены в таблице 6.1.

Аналогично выбираются остальные автоматические выключатели. Результаты расчетов сведены в таблицу 6.1.

Выбираем автоматические выключатели для вводов от генераторов.

Проверку вводных выключателей производим по номинальному току генераторов. Генератор может обеспечить перегрузку 10 % в течение короткого промежутка времени:

$$I_{н.а.} = \frac{S_{нз}}{\sqrt{3}U_{нн}} = \frac{1,1 \cdot 125}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 208,9 A$$

На номинальный ток 400А устанавливаем автоматический выключатель ВА53-41. Выключатели принимаем токоограничивающие так как ток КЗ у генератора может достигать 46 кА. Проверяем выключатели ВА53-41:

- по номинальному напряжению: $380 \leq 380(B)$;
- по номинальному току автомата: $208,9 \leq 400(A)$;
- по номинальному току расцепителя: $208,9 \leq 400(A)$;
- защита от перегрузок: $I_{ср.н} = 1,05 \cdot 400 \geq 1,2 \cdot 208,9(A)$;
- установка срабатывания защиты от КЗ $2000 \geq 1,2 \cdot 1042(A)$.

Выбираем автоматические выключатели для питания щитов. Для щита производственных потребителей устанавливаем автоматический выключатель ВА04-36. Проверяем выключатели:

- по номинальному напряжению: $380 \leq 380(B)$;
- по номинальному току автомата: $127,16 \leq 160(A)$;
- по номинальному току расцепителя: $127,16 \leq 160(A)$;
- защита от перегрузок: $I_{ср.н} = 1,05 \cdot 160 \geq 1,2 \cdot 127,16(A)$;
- уставка срабатывания защиты от КЗ $1000 \geq 1,2 \cdot 343,66(A)$

Определяем ток одного жилого вагончика $P_{уст} = 32$ кВт.

$$I_{ном} = \frac{32}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 57,74 A$$

Для щита жилого вагончика устанавливаем автоматический выключатель ВА04-36.

Проверяем выключатель:

- по номинальному напряжению: $380 \leq 380(B)$;
- по номинальному току автомата: $57,74 \leq 100(A)$;
- по номинальному току расцепителя: $57,74 \leq 100(A)$;
- защита от перегрузок: $I_{cp.n} = 1,05 \cdot 100 \geq 1,2 \cdot 57,74(A)$
- установка срабатывания защиты от КЗ $500 \geq 1,2 \cdot 212,66(A)$

Для главного щита устанавливаем автоматический выключатель ВА04-36. Проверяем выключатель:

- по номинальному напряжению: $380 \leq 380(B)$;
- по номинальному току автомата: $171,76 \leq 250(A)$ (A);
- по номинальному току расцепителя: $171,76 \leq 250(A)$ (A).
- защита от перегрузок: $I_{cp.n} = 1,05 \cdot 250 \geq 1,2 \cdot 171,76(A)$
- установка срабатывания защиты от КЗ $1600 \geq 1,2 \cdot 544(A)$

Результаты выбора выключателей электроприемников заносим в таблицу 6.1

Таблица.6.1 – Выбор автоматических выключателей

Электроприемник	I_p, A	$I_{ном}$	$I_{расц}$	$I_{эл}$	$I_{дон}$	$T_{уп}$
МРТ 325-1420 «Волжанка 3»	5,32	16	16	80	26	ВА47-29
МРТ 325-1420 «Волжанка 2»	4,88	16	16	80	26	ВА47-29
МРТ 219-820 «Волжанка 1»	4,44	16	16	80	26	ВА47-29
Сварочный аппарат «урал мастер 300»	90,9	125	125	400	101	ВА51-25
Сварочный аппарат ВД-320	90,9	125	125	400	101	ВА51-25
Болгарка Makita 230	13	16	16	80	26	ВА47-29
Болгарка Makita 125	4,6	16	16	80	26	ВА47-29
Дрель Makita	7,58	16	16	80	26	ВА47-29
Компрессор	2,73	16	16	80	26	ВА47-29
Светильник Вэлан	4,55	16	16	80	26	ВА47-29
Печь для прокали электродов	13,40	16	16	80	26	ВА47-29

6.2 Выбор проводников

После выбора автоматического выключателя необходимо проверить выбранные ранее кабельные линии по условию отстройки от выбранного аппарата защиты по условию

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{т.р.}} \quad (6.11)$$

для сварочных аппаратов выбран кабель ВБбШв 2х16 с длительным допустимым током $I_{\text{доп.}} = 101 \text{ А}$, тогда

$$I_{\text{доп.}} = 101 \text{ А} \geq I_{\text{т.р.}} = 125 - \text{не выполняется,}$$

Принимаем кабель большего сечения ВБбШв 2х25 с длительным допустимым током $I_{\text{доп.}} = 134 \text{ А}$. Для щита производственных потребителей увеличиваем сечение до ВБбШв 4х70 мм² с допустимым током 185 А.

$$I_{\text{доп.}} = 185 \text{ А} \geq I_{\text{т.р.}} = 160 - \text{выполняется,}$$

Для магистрали подключения жилых вагончиков увеличиваем сечение до ВБбШв 4х95 мм² с допустимым током 215 А.

$$I_{\text{доп.}} = 215 \text{ А} \geq I_{\text{т.р.}} = 200 - \text{выполняется,}$$

Соответственно увеличиваем сечение кабельной линии для питания главного щита до ВБбШв 4х120 мм² с допустимым током 260 А.

Также проверяем выбранные кабельные линии по потере напряжения. Определяем общую потерю напряжения от генератора до одного бытового и

одного производственного потребителя, учетом того, что генератор выдает напряжение на 5 % выше номинального, то есть 399 В.

Потеря напряжения в линии определяется по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot J \cdot (r_{\text{л}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{л}} \cdot \sin \varphi) \quad (6.12)$$

Для кабеля подключения щита ПРМ:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 208,9 \cdot 5 \cdot (0,18 \cdot 0,8 + 0,07 \cdot 0,6) = 0,43 \text{ В}$$

Для кабеля подключения щита ЩЖВ:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 171 \cdot 35 \cdot (0,22 \cdot 0,8 + 0,072 \cdot 0,6) = 2,27 \text{ В}$$

Для щита производственных потребителей:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 127,16 \cdot 50 \cdot (0,3 \cdot 0,8 + 0,073 \cdot 0,6) = 3,13 \text{ В}$$

Для потребителя МРТ 325-1420 «Волжанка 3»:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 5,32 \cdot 20 \cdot (8,6 \cdot 0,65 + 1,4 \cdot 0,78) = 1,23 \text{ В}$$

Для бытового кондиционера:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 5,32 \cdot 20 \cdot (8,6 \cdot 0,65 + 1,4 \cdot 0,6) = 0,86 \text{ В}$$

Потери напряжения от генератора до МРТ 325-1420 «Волжанка 3»:

$$\sum \Delta U1 = 0,34 + 3,13 + 1,23 = 4,7B$$

Потери напряжения от генератора до бытового кондиционера:

$$\sum \Delta U2 = 0,34 + 2,27 + 0,86 = 3,47B$$

Потери напряжения в процентах составляют

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100\% \quad (6.13)$$

$$\Delta U\% = \frac{4,7}{380} \cdot 100\% = 1,2\% < 5\%$$

$$\Delta U\% = \frac{3,47}{380} \cdot 100\% = 0,9\% < 5\%$$

Потеря напряжения менее 5%, что допустимо.

6.3 Выбор трансформаторов тока и трансформаторов напряжения ДГУ

Для подключения защит и приборов к дизель-генератору необходимо выбрать трансформаторы тока и напряжения. Измерительные трансформаторы выбираются по номинальной нагрузке и допустимому току первичной обмотки.

Выполним проверку измерительного трансформатора Т-066 300/5. Коэффициент трансформации у него 60.

$$208,9/60=3,4 \text{ А} - \text{ток вторичной обмотки при номинальном токе.}$$

$5 \cdot 60/100=3 \text{ А}$ – минимальный ток вторичной обмотки при номинальной нагрузке.

Как видим $3,4 \text{ А} > 3 \text{ А}$ – требование выполнено.

$$21/60=0,35 \text{ А} - \text{ток вторичной обмотки при минимальном токе.}$$

$5 \cdot 5 / 100 = 0,25 \text{ A}$ – минимальный ток вторичной обмотки при минимальной нагрузке.

Как видим $0,35 \text{ A} > 0,25 \text{ A}$ – требование выполнено.

$208,9 \cdot 25 / 100 = 52,5 \text{ A}$ ток при 25%-ной нагрузке.

$52,5 / 60 = 0,875$ – ток во вторичной нагрузке при 25%-ной нагрузке.

$5 \cdot 10 / 100 = 0,5 \text{ A}$ – минимальный ток вторичной обмотки при 25%-ной нагрузке.

Как видим $0,875 \text{ A} > 0,5 \text{ A}$ – требование выполнено.

Измерительный трансформатор Т-066 300/5 для нагрузки 208,9А выбран правильно.

Малогабаритные измерительные трансформаторы напряжения ТНЗ-220/100В исп. предназначены для работы в цепях переменного тока и имеют линейную передаточную характеристику во всем диапазоне входных напряжений.

Выпускаются в соответствии с техническими требованиями ЮНШИ.671221.002 ТТ

Ко вторичным цепям тока подключается амперметр и комплект релейной защиты, общее сопротивление 0,2 Ом – данная нагрузка находится в классе точности измерительного трансформатора. К трансформатору напряжения подключается Вольтметр и комплект релейной защиты – общая мощность 5 ВА – нагрузка входит в класс точности.

6.4 Защита от перенапряжений в сети 0,4 кВ

Для защиты от перенапряжений применяем ограничители перенапряжений. Выбираем ОПН-П-0,38.

Ограничители ОПН-П-0,38 (ОПН-П-0,4) нелинейные с полимерной (пластмассовой) или фарфоровой ОПН-0,38 (ОПН-0,4) изоляцией предназначены для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений изоляции электрооборудования подстанций и сетей на классы напряжения 0,38 кВ.

Ограничители перенапряжений устанавливаются в сетях переменного тока частотой 50 Гц с глухо заземленной нейтралью и включаются параллельно защищаемому объекту.

ОПН-П-0,38 УХЛ1 могут устанавливаться в тех местах электроустановок, где ранее предусматривалось применение разрядников РВН-0,5.

7 Проверка селективности автоматических выключателей

Для проверки селективности работы выключателей строим карту селективности срабатывания защит выключателей.

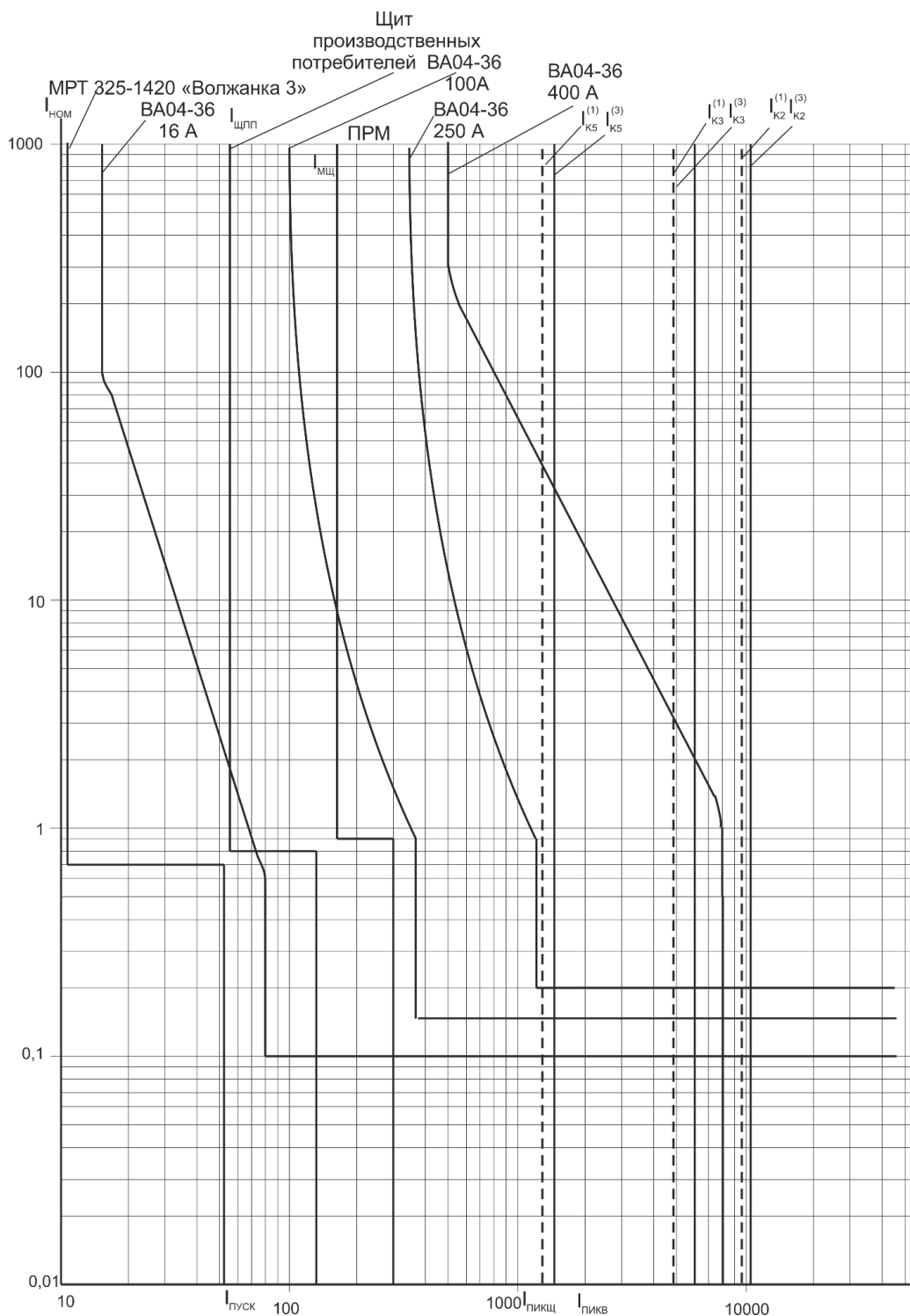


Рисунок 7.1 – Карта селективности срабатывания защит.

8 Мероприятия по уравниванию потенциала при проведении ремонта нефтепроводов

Мероприятия по уравниванию потенциала необходимы для прекращения перетоков наводимых и блуждающих токов между участками разрезаемого трубопровода. Перед тем как планируется установка нового элемента – катушки или запорной арматуры необходимо выполнить соединение всех участков либо стальными прутьями с сечениями не менее 25 мм², либо, что применяется гораздо чаще, проводом с сечением более 10 мм².

При это по предварительному исследованию определится величина блуждающих токов, и при существенной их величине, что, как правило наблюдается вблизи железных дорог с подведенной к подвижному составу электроэнергией, сечение медного проводника для уравнивания потенциалов должно быть увеличено до 50 мм². Запорная арматура или участок трубопровода, который подлежит замене, также подлежит соединению в систему уравнивания потенциала. При соединении трех трубопроводом специальным Т-образным элементом, уравнивание потенциала должно выполняться между всеми четырьмя отрезаемыми участками. Обязательно выполняется оконцевание гибких медных соединительных кабелей медными гильзами с ушами од болт. При сборе системы уравнивания потенциала гильзы болтами прикручиваются к хомутам, которые в свою очередь надежно прижимаются к части трубопровода либо запорной арматуры. Также вся система соединяется с заземлителем.

Подключение системы уравнивания потенциала возможно либо сваркой при отсутствии загазованности, болтами, ввинченными непосредственно в трубу нефтепровода, либо, как основной вариант – хомутами, которые охватывают до блеска начищенную поверхность нефтепровода. Соединительные провода должны быть остаточной длины для беспрепятственного выполнения всех операций по резке труб.

9 Расчет защитного заземления

Выполнение операций резки нефтепроводов с точки зрения электробезопасности имеет особенности – все оборудование должно быть занулено и заземлено.

При выполнении резки трубопроводов сопротивление источника питания должно составлять не более четырех Ом. При этом сопротивление местных заземлителей не нормируется. Выполним расчет заземления.

Тип заземлителя определяем как одиночные электроды. Их необходимое количество для заземлителя источника питания:

$$n_э = \frac{R_э}{R_э n} \quad (9.1)$$

где $R_э$ – необходимое сопротивление заземлительной установки, 4 Ом, n – коэффициент использования вертикального электрода, принимаем 0,88. Принимаем, что верхняя часть электрода остается над землей для присоединения гибких проводов заземляющего контура. Сопротивление одного вертикального электрода (стального прутка) длиной 5 м выполненного из арматуры диаметром 14 мм при величине удельного сопротивления грунта 110 Ом:

$$R_B = \frac{0,366 \rho_{расч.в.}}{I} \lg \frac{4l}{d} \quad (9.2)$$
$$R_B = \frac{0,366 \cdot 100}{5} \lg \frac{4 \cdot 5}{0,014} = 23,09 \text{ Ом},$$

Определяем необходимое число вертикальных заземлителей:

$$n_3 = \frac{23,09}{4 \cdot 0,88} = 6,56$$

Принимаем семь вертикальных электродов длиной 5 метров. Таким образом величина сопротивления заземлителя будет меньше нормированной – 4 Ома.

Для местного заземления используем вертикальные заземлители – стальные стержни длиной три метра, их сопротивление не рассчитываем так как оно не нормируется.

Качественный контур заземления может спасти вас не только от пробоя изоляции на корпус оборудования, но и от последствий обрыва ноля в питающей сети или от однофазного короткого замыкания, когда фаза оказывается на нулевом проводе, а ноль в вашей щитовой преднамеренно соединен с заземляющей шиной.

Схема заземления и уравнивания потенциалов при ремонте нефтепроводов представлена в графической части.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнено разработка системы электроснабжения передвижного комплекса по ремонту магистрального нефтепровода на объектах ПАО «Транснефть-Дружба».

Для определения расчетных нагрузок прежде всего была рассмотрена технология проведения ремонтных работ на участке нефтепровода используя мобильные передвижные комплексы.

При этом основным электрооборудованием для безогневой вырезки элементов трубопроводов выступает электроинструмент типа МРТ 325 «Волжанка». Также для ремонта трубопроводов применяются сварочные аппараты. Электрооборудование для ремонта нефтепроводов питается от дизельной электростанции, от которой вне рабочей смены питается передвижной городок, состоящий из вагончиков.

Был выполнен расчет электрических нагрузок – для производственного оборудования методом упорядоченных диаграмм, а для передвижного жилого городка методом коэффициента спроса. Расчетная мощность производственных потребителей составила 55,9 кВт и 88,1 кВА, а жилого городка 95,9 кВт и 119,9 кВА.

Выбор генератора осуществлялся по мощности, которую потребляют передвижные вагончики. Была выбрана дизель-генераторная установка типа АЗИМУТ АД 100с-Т400-1РМ11 с установленной мощностью генератора 100 кВт и 125 кВА, позволяющая выдержать перегрузку на 10 %.

От дизельной электростанции питается главный распределительный щит ПРМ (передвижная ремонтная мастерская). От главного распределительного щита питаются щиты жилых вагончиков и щит производственных потребителей ЩПП. Щиты жилых вагончиков питаются по магистральной схеме.

Систему электроснабжения выполняем сети кабелем ВББШв для полустационарных установок и ВВГ для других механизмов.

Для питания трехфазных электроприемников и силовых щитов выбирается четырехжильный кабель типа ВББШв с сечением от 50-ти до 120-ти мм². Внутри вагончиков электроприемники и розетки подключены трехжильным кабелем ПВЗ. Электроинструмент на производственной площадке подключается кабелем ВВГ 2х2, мм².

Для определения уставок коммутационной аппаратуры был выполнен расчет токов короткого замыкания. В результате расчетов токов КЗ определено, что в непосредственной близости генератора необходимо устанавливать токоограничивающий выключатели, так как ток КЗ может достигать 46 кА, а ПКС(предельная коммутационная способность) обычных выключателей составляет 8-12 кА.

По расчетным пусковым током электрооборудования были выбраны автоматические выключатели – для сварочного аппарата ВА51-25, для прочих потребителей ВА47-29, для щитов – ВА04-36. Для защиты присоединения генератора выбран токоограничивающий выключатель ВА53-41. Для проверки селективности работы выключателей была построена карта селективности срабатывания защит выключателей.

После выбора выключателей были выполнены проверки по допустимому току проводников и потере напряжения. Сечения к щитам были увеличены на один типоразмер, чтобы допустимый ток проводника был больше тока срабатывания теплового расцепителя выключателя.

Для подключения цепей измерения и защит генераторов были выбраны трансформаторы тока типа Т-066 300/5, и трансформаторы напряжения типа ТНЗ-220/100В. Для щиты от перенапряжений установлены ОПН-П-0,38.

Для выполнения электробезопасности при проведении работ были рассмотрены вопросы защитного уравнивания потенциалов и защитного заземления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по проектированию электрических сетей /под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. :ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
2. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов [и др.]; под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро. М.: Энергоатомиздат, 1985. 349 с.
3. РД 153-39.4-130-2002 Регламент по вырезке и врезке «катушек» соединительных деталей, заглушек, запорной и регулирующей арматуры и подключению участков магистральных нефтепроводов. Москва, 2003. Режим доступа <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294815/4294815292.htm>
4. ГОСТ 28249-93. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. Режим доступа <https://meganorm.ru/Data2/1/4294845/4294845729.htm>
5. Правила устройства электроустановок: -Спб,: Издательство Кнорус, 2015. – 491 с Режим доступа <https://www.ruscable.ru/info/pue/1-3.html>
6. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок: справочник / Р.Н. Карякин. - М.: Энергосервис, 2002. - 218 с.
7. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб.пособие.– Томск:Изд.ТПУ,2002.–143с.
8. Межотраслевым правилам по охране труда (правилам безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00).
9. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153–34.0–20.527–98/Под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: Изд–во НЦ ЭНАС, 2002
10. Указания по расчету электрических нагрузок. Технический циркуляр ВНИПИ Тяжпромпроект № 358-90 от 01.08.1990 г.

11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Издательство Норматика, 2016. – 835 с.
12. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учеб. пособие / В. П. Шеховцов. – 2-е изд., испр.. – М. : Форум : ИНФРА–М, 2007. – 213 с.
13. Справочная книга проектирования электрического освещения/ Г.М. Кнорринг. Ю.Б. Оболенцев, Р. И. Берим, В. М. Крючков. М: «Энергия», 1976, 384 с
14. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов : учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / Е. А. Конюхова. – 5-е изд., стер. – М. :Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.
15. Кудрин Б. И. Электрооборудование промышленности: учебник - М.: Академия, 2008. - 424 с.
16. Электротехнический справочник [Текст] /Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов)– 9-е изд., стер.–М.:Издательство МЭИ, 2003. – 518 с.
17. Ополева Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник: справ.: Учеб. пособие: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2006. - 480 с.
18. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для ВУЗов. М.: «Энергия», 1973. – 461 с.
19. Липким Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок, М., «Высшая школа». 1981. – 212 с.
20. Бакшаева Н.С., Закалата А.А., Дерендяева Л.В. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебно-справочное пособие. Часть 1. – Киров, изд. ВятГУ, 2010.
21. Абрамова Е. Н. Курсовое проектирование по электроснабжению промышленных предприятий: учебное пособие ОГУ 2012 г. 106 страниц
Режим доступа: URL: <http://www.knigafund.ru/>

22. Кабели, провода, материалы для кабельной индустрии : технический справочник / комп. Эллипс, 2016. – 94 с.

23. Гужов Н. П., Ольховский В. Я., Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения: учебник НГТУ 2015 г. 262 страницы. Режим доступа: URL: <http://www.knigafund.ru/>

24. Сибикин Ю. Д. Основы электроснабжения объектов: учебное пособие Директ–Медиа 2014 г. 328 страниц. Режим доступа: URL: <http://www.knigafund.ru/>

25. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю., Яшков В. А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебник. Директ–Медиа 2014 г. 337 страниц [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <http://www.knigafund.ru/>

26. Барыбин Ю.Г., Федорова Л.Е., Зименкова М.Г., Смиронова А.Г. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования [Текст]: справочное издание / Ю.Г. Барыбин– М.: Энергоатомиздат, 1991.- 464 с.

27. Основы проектирования систем электроснабжения : справочное пособие / Маньков В.Д. – СПб: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис» «2010–664 с.

28. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов / Ю.Н.Балаков, М.Ш.Мисриханов, А.В.Шунтов. - М.: Издательство МЭИ, 2004.

29. Короткие замыкания и выбор электрооборудования [Текст] : учеб. пособие / И. П. Крючков [и др.] ; ред. И. П. Крючков. - Москва : Издат. дом МЭИ, 2012. - 567 с. - Библиогр.: с. 566-567

30. Автоматические выключатели
https://www.vseinstrumenti.ru/electrika_i_svet/avt_i_uz/

31. Pressman, Abraham I., Billings, Keith, Morey, Taylor, Switching Power Supply Design, McGraw-Hill, 2009. ISBN 978-0-07-148272-1.

32. Stanley, William D., Operational Amplifiers with Linear Integrated Circuits, 2d Ed., Merrill, Columbus, Ohio, 1989. ISBN 067520660-X.
33. A. Pressman, Switching Power Supply Design, Second Edition., McGraw-Hill, 1998
34. Carsten, Bruce, "High Frequency Conductor Losses in Switchmode Magnetics," PCIM, November 1986.
35. Clarke, J. C., "The Design of Small Current Transformers," Electrical Review, January 1985.