

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 Электроснабжение ремонтной базы ООО «Киришинефтеоргсинтез», г. Кириши

Обучающийся

А.А. Ульмов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. В.И. Платов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Целью настоящей работы является обеспечение надежности работы строящейся ремонтной базы ООО «Киришинефтеоргсинтез», г. Кириши. Объектом исследований является названная ремонтная база, а предметом исследований - система ее электроснабжения.

Актуальность темы ВКР обусловлена тем, что в составе промышленного хозяйства предприятия имеется действующая ремонтная база, на которой проводятся работы по ремонту и наладке производственного и прочего оборудования. На данный момент отмечается стабильный рост объемов выполняемых работ, что связано с увеличением масштабов общей производственной деятельности предприятия. Ввиду этого запланирована постройка новой ремонтной базы с аналогичной инфраструктурой и составом электрооборудования, для которой требуется обеспечить качественное электроснабжение и разработать систему электроснабжения с применением современного электрооборудования и технических решений.

В работе проанализированы особенности строящейся базы и на основе этого выбрано силовое, коммутационное и вспомогательное оборудование. Кроме того, сформулированы предложения по обеспечению надежности и безопасности системы электроснабжения.

Выпускная квалифицированная работа состоит из 46 страниц, 11 рисунков, 6 таблиц, 20 источников.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные	7
1.1 Краткая характеристика предприятия	7
1.2 Характеристика ремонтной базы и производственных участков	8
2 Разработка системы электроснабжения базы.....	13
2.1 Расчет нагрузок	13
2.2 Выбор подстанции и силовых трансформаторов	15
2.3 Выбор кабелей линии внешнего электроснабжения	18
2.4 Выбор кабелей системы внутреннего электроснабжения	21
2.5 Определение токов КЗ	23
2.6 Выбор оборудования защиты линий.....	29
2.7 Обеспечение бесперебойного питания, выбор оборудования АВР.....	35
2.8 Расчет контура заземления подстанции	38
2.9 Молниезащита подстанции	43
Заключение	44
Список используемых источников.....	45

Введение

Промышленные предприятия являются основой экономики любой страны. Они производят товары и предоставляют услуги, необходимые для функционирования общества. Одним из положительных аспектов деятельности предприятий является создание рабочих мест. Промышленные предприятия обеспечивают занятость населения и способствуют экономическому росту страны. Кроме того, они производят товары и услуги, необходимые для удовлетворения потребностей населения. Однако, этот положительный аспект может быть нивелирован негативными последствиями, такими как загрязнение окружающей среды и нарушение экологического баланса. Загрязнение окружающей среды является одним из основных негативных последствий деятельности промышленных предприятий. Выбросы вредных веществ в атмосферу, сбросы загрязненных сточных вод в водоемы и образование отходов являются основными источниками загрязнения окружающей среды. Это может привести к ухудшению качества воздуха, воды и почвы, а также к негативному воздействию на здоровье людей и животных.

Для обеспечения технологических производственных и прочих процессов на предприятии необходимо обеспечить качественное и надежное электроснабжение его производственных объектов, таких как производственные и ремонтные базы, производственные цеха, технологические участки и т.д. При этом современные системы электроснабжения (СЭС) также разрабатываются с учетом обеспечения максимальной энергоэффективности, энергосбережения, надежности и эксплуатационной безопасности. Высокая энергоэффективность СЭС обеспечивает снижение затрат на оплату потребляемой электроэнергии, а также себестоимости выпускаемой продукции и повышения общей прибыльности предприятия. Надежность и эксплуатационная безопасность СЭС снижают профессиональные риски для эксплуатационного и

ремонтного персонала, а также улучшают условия работы и повышают уровень охраны труда, что, в свою очередь повышает трудовую мотивацию персонала и качество его работы. Электроснабжение промышленных предприятий осуществляется с помощью электрических сетей. Предприятия потребляют большое количество электроэнергии, поэтому для них устанавливаются специальные тарифы на электроэнергию. Электроснабжение предприятий может осуществляться как от собственных генерирующих установок, так и от внешних источников электроэнергии. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях должно соответствовать требованиям ГОСТ и другим нормативным документам. Для обеспечения требуемого качества электроэнергии используются различные устройства, такие как стабилизаторы напряжения, фильтры помех и т.д. В целом, электроснабжение промышленных предприятий является важным аспектом их функционирования. Надежность электроснабжения является одним из ключевых факторов для промышленных предприятий, так как остановка производства может привести к значительным убыткам. Для повышения надежности электроснабжения используются различные меры, такие как резервирование источников питания, использование ИБП, установка дизель-генераторов и т.д. Автоматизация и диспетчеризация систем электроснабжения позволяют повысить надежность и эффективность работы оборудования, снизить затраты на обслуживание и повысить безопасность эксплуатации. От качества и надежности электроснабжения зависит работа оборудования, безопасность персонала и качество выпускаемой продукции.

Действующие СЭС промышленных предприятий, по мере износа и технологического устаревания электрооборудования (ЭО), а также ввиду роста электрических нагрузок (ввиду замены или ввода в эксплуатацию нового промышленного оборудования), должны проходить плановые реконструкции, при которых учитываются все актуальные требования по энергоэффективности, надежности и безопасности.

Актуальность темы ВКР. В составе промышленного хозяйства предприятия имеется действующая ремонтная база, на которой проводятся работы по ремонту и наладке производственного и прочего оборудования. На данный момент отмечается стабильный рост объемов выполняемых работ, что связано с увеличением масштабов общей производственной деятельности предприятия. Ввиду этого запланирована постройка новой ремонтной базы с аналогичной инфраструктурой и составом электрооборудования, для которой требуется обеспечить качественное электроснабжение и разработать систему электроснабжения с применением современного электрооборудования и технических решений. Также в целом, разработка электроснабжения является актуальной задачей для промышленных предприятий. От качества и надежности электроснабжения зависит эффективность работы предприятия, безопасность персонала и качество выпускаемой продукции. Кроме того, электроснабжение является одним из факторов, определяющих экологическую безопасность производства. Правильно спроектированная и реализованная система электроснабжения позволяет снизить затраты на электроэнергию, повысить производительность оборудования и улучшить условия труда персонала. Кроме того, разработка электроснабжения способствует снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду и улучшению экологической обстановки на предприятии.

Объект исследования: ремонтная база ООО «Киришинефтеоргсинтез», г. Кириши.

Предмет исследования: электроснабжение ремонтной базы.

Цель работы: проектирование надежной и энергоэффективной системы электроснабжения базы.

Задачи работы:

- систематизировать исходные данные по инфраструктуре и производственным участкам;
- разработать качественную и надежную систему электроснабжения базы.

1 Исходные данные

1.1 Краткая характеристика предприятия

ООО «КИНЕФ», г. Кириши (полное название: общество с ограниченной ответственностью «Производственное объединение «Киришинефтеоргсинтез») является дочерним предприятием ПАО «Сургутнефтегаз». ООО «КИНЕФ» является крупным предприятием, обеспечивающим большие объемы производства и переработки нефтепродуктов. Продукция поставляется в г. Санкт-Петербург, Ленинградскую область и другие регионы. Основой производственной базы является Киришский нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), к настоящему времени также введено в эксплуатацию множество дополнительных производственных объектов. Оборудование для переработки нефти играет ключевую роль в производственной деятельности предприятия [11]. Этот процесс состоит из двух уровней:

- первичная переработка включает подготовку и очистку нефти с использованием физических методов, таких как обезвоживание, постепенное нагревание и атмосферная перегонка, в результате получают основные фракции: мазут, дизель и газолиновая, лигроиновая и керосиновая фракции.
- вторичная переработка направлена на более точную сепарацию и выделение компонентов, соответствующих определённым свойствам, здесь применяются каталитический крекинг, термический крекинг, замедленное коксование, гидрокрекинг и гидроочистка; эти методы позволяют улучшить характеристики нефтепродуктов и получить продукты с различными свойствами.

Для переработки нефти используются различные виды оборудования, включая накопительные резервуары, нагреватели, фильтры, паротурбины, тепловые обменники, компрессоры и трубопроводы. В целом, переработка

нефти является обязательным этапом для получения всей продукции предприятия. Современное оборудование позволяет эффективно и безопасно осуществлять этот процесс, обеспечивая стабильность производства и удовлетворение потребностей по охране окружающей среды.

Предприятие непрерывно расширяет и совершенствует свою производственную и ремонтную базу, обеспечивая снижение себестоимости продукции, улучшение условий труда рабочих, сокращение ремонтных сроков для оборудования и повышение качества ремонта. В составе промышленного хозяйства предприятия имеется действующая ремонтная база, на которой проводятся работы по ремонту и наладке производственного и прочего оборудования. На данный момент отмечается стабильный рост объемов выполняемых работ, что связано с увеличением масштабов общей производственной деятельности предприятия. Ввиду этого запланирована постройка новой ремонтной базы с аналогичной инфраструктурой и составом электрооборудования, для которой требуется обеспечить качественное электроснабжение и разработать систему электроснабжения с применением современного электрооборудования и технических решений. Также планируется реконструкция СЭС действующей ремонтной базы, в связи с износом и устареванием электрооборудования, низкой энергоэффективностью СЭС.

1.2 Характеристика ремонтной базы и производственных участков

Ремонтная база (РБ) предназначена для проведения межремонтного обслуживания оборудования и выполнения ремонтных работ, включая мелкий и средний ремонт. Капитальный ремонт оборудования необходим для поддержания его работоспособности и соблюдения норм межремонтных пробегов. Новая методология включает оптимизацию управления капитальным ремонтом, планирование объёма работ, формирование интегрированного плана-графика, организацию материально-технического

снабжения и рабочего пространства, взаимодействие с подрядными организациями и обеспечение безопасности выполнения работ. База будет оснащена необходимым оборудованием и инструментами для качественного выполнения ремонтных работ, с учетом требований безопасности и охраны труда при организации работ. Эффективное функционирование РБ будет способствовать поддержанию работоспособности оборудования и обеспечению бесперебойного производства. Это, в свою очередь, повысит эффективность работы всего предприятия и снизит затраты на ремонт и обслуживание оборудования.

Перечень производственных цехов и вспомогательных зданий, а также их электрические нагрузки, средневзвешенные коэффициенты спроса нагрузок и коэффициенты мощности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень производственных цехов и вспомогательных зданий

Участки	P_n , кВт	K_c	$\cos\varphi$
Цех первичной проверки оборудования	211,3	0,8	0,83
Цех оценки остаточного ресурса оборудования	81,1	0,8	0,87
Склад №1	17,5	0,41	0,91
Склад №2	17,5	0,41	0,91
Цех разборки оборудования	61,2	0,89	0,88
Главный корпус	69,8	0,63	0,88
Цех электроники	58,6	0,69	0,90
Мастерская	70,1	0,54	0,86
Насосная	72,4	0,71	0,85
Компрессорная	105,7	0,62	0,86
Гараж	44,8	0,31	0,91
Хозблок	41,2	0,49	0,92
Склад №3	31,8	0,41	0,91

Генплан базы показан на рисунке 1.

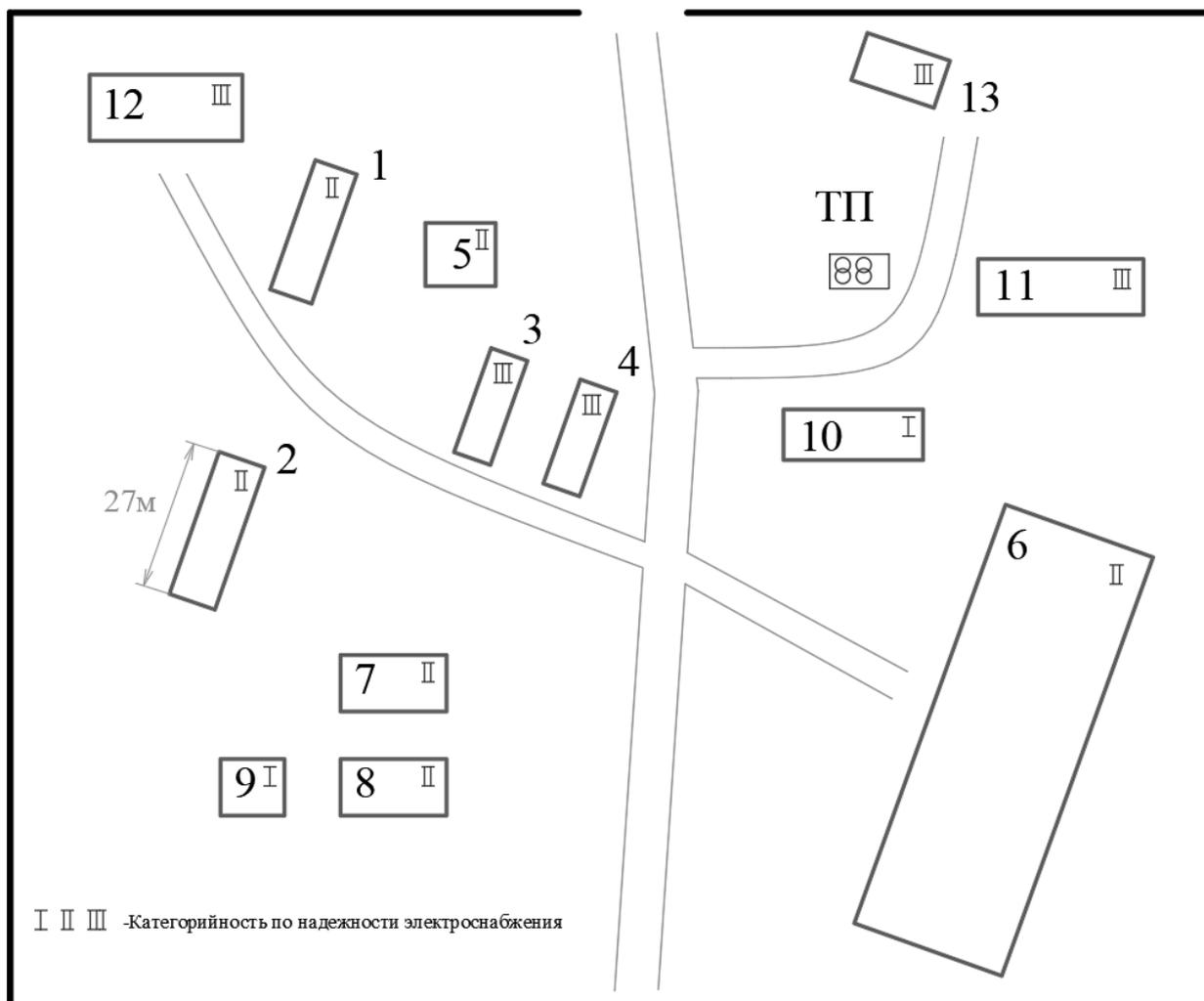


Рисунок 1 – Генплан базы

Цех первичной проверки оборудования предназначен для первичной проверки общего состояния поступающего оборудования и отдельных деталей. Цель проверок – выявить соответствие качества работы оборудования установленным стандартам, а также определить причины возможных дефектов. По результатам проверок оборудование направляется на дальнейший ремонт и наладку.

Цех оценки остаточного ресурса оборудования предназначен для оценки уровня износа поступающего оборудования и отдельных деталей,

выявления его пригодности к дальнейшей эксплуатации и оценки прогнозируемого остаточного срока службы. По результатам проверок оборудование направляется на дальнейший ремонт и наладку, либо на разборку.

Склады предназначены для приёмки, размещения и временного хранения товарно-материальных ценностей, а также для их подготовки и отпуска на производственное или конечное потребление. Они играют важную роль в логистической системе, обеспечивая концентрацию необходимых запасов в определённых местах и поддерживая требуемое движение оборудования и материалов.

Цех разборки оборудования предназначен для разборки поставляемого оборудования, либо для ремонта и наладки его отдельных частей, либо для окончательной разборки ввиду нецелесообразности выполнения ремонтных работ.

В главном корпусе расположена основная часть оборудования, обеспечивающего ремонтно-восстановительные и наладочные работы. Оборудование включает современные роботизированные линии, высокоточные автоматизированные станки с ЧПУ, различные виды сварочного оборудования и т.д.

Цех электроники специализируется на наладке электронных компонентов поставляемого оборудования. Оборудование включает автоматизированные и ручные паяльные станции, электролизное оборудование, оборудование для изготовления и обработки печатных плат и т.д.

Ремонтная мастерская играет важную роль, так как она отвечает за поддержание работоспособности оборудования и своевременное устранение неполадок. Мастерская осуществляет срочные внеплановые ремонты для внутренних нужд базы, а также модернизацию оборудования. Благодаря этому, база может повысить эффективность своей работы и снизить издержки. Кроме того, мастерская занимается обучением персонала, который

работает с оборудованием. Это позволяет сотрудникам предприятия совершенствовать свои навыки и повышать квалификацию. Таким образом, мастерская является важным элементом инфраструктуры базы, обеспечивающим ее бесперебойную работу.

Насосная выполняет важную функцию обеспечения обратного водоснабжения, эффективной циркуляции воды в системе. Обеспечивается централизованное водоснабжение всех производственных участков.

Компрессорная обеспечивает снабжение сжатым воздухом, необходимым для различных технологических процессов. Она состоит из компрессорных установок, системы воздухоподготовки, ёмкостного оборудования, системы автоматики, электроснабжения, охранно-пожарной сигнализации и вентиляции.

Гараж обеспечивает стоянку автотранспорта и спецтехники. В нем также выполняются простые операции по ее обслуживанию и диагностике.

Хозблок обеспечивает административные, хозяйственно-бытовые и санитарно-гигиенические нужды.

Согласно требованиям к надежности обеспечения электроснабжения, к первой категории относятся насосная и компрессорная; ко второй категории относятся ремонтные цеха, главный корпус, мастерская. Остальные участки относятся к третьей категории.

Питание подстанции, обеспечивающей электроснабжение цехов и других зданий базы, будет осуществляться от распределительного пункта (РП) 10 кВ энергосистемы, расположенном на расстоянии 0,51 км.

Выводы по разделу 1. Приведена краткая характеристика предприятия и рассматриваемой ремонтной базы. Составлен перечень производственных цехов и вспомогательных зданий, а также генеральный план базы. Рассмотрены производственные участки, их особенности и требования к надежности электроснабжения. В целом, систематизированы и подготовлены все необходимые исходные данные.

2 Разработка системы электроснабжения базы

2.1 Расчет нагрузок

Расчёт электрических нагрузок — важный процесс в проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Он определяет выбор всех элементов системы, таких как распределительные сети, сети питания, электрические подстанции и линии электропередачи. В целом расчёт электрических нагрузок позволяет обеспечить надёжное и эффективное функционирование системы электроснабжения, учитывая все факторы и особенности конкретного объекта или предприятия.

«Для расчета электрических нагрузок используется метод коэффициента спроса активной мощности.

Формулы для расчета среднесменных активных, реактивных и полных мощностей:

$$P_c = K_c \cdot P_{ном}, \quad (1)$$

где K_c — коэффициент спроса активной мощности для данного конкретного цеха;

$P_{ном}$ — номинальная нагрузка электроприемников данного конкретного цеха, кВт» [10].

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}, \quad (3)$$

Для цеха №1, по (1,2,3):

$$P_c = 0,8 \cdot 211,3 = 169,04 \text{ кВт},$$

$$Q_c = 169,04 \cdot 0,672 = 113,596 \text{ квар},$$

$$S_c = \sqrt{169,04^2 + 113,596^2} = 105,3 \text{ кВА}.$$

Электрические нагрузки определены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение электрических нагрузок

Цеха/здания	Pн, кВт	Kс	tgφ	Среднесм. нагрузки		
				Pс, кВт	Qс, квар	Sс, кВА
Цех первичной проверки оборудования	211,3	0,8	0,672	169,040	113,596	203,663
Цех оценки остаточного ресурса оборудования	81,1	0,8	0,567	64,880	36,769	74,575
Склад №1	17,5	0,41	0,456	7,175	3,269	7,885
Склад №2	17,5	0,41	0,456	7,175	3,269	7,885
Цех разборки оборудования	61,2	0,89	0,540	54,468	29,399	61,895
Главный корпус	69,8	0,63	0,540	43,974	23,735	49,970
Цех электроники	58,6	0,69	0,484	40,434	19,583	44,927
Мастерская	70,1	0,54	0,593	37,854	22,461	44,016
Насосная	72,4	0,71	0,620	51,404	31,857	60,475
Компрессорная	105,7	0,62	0,593	65,534	38,886	76,202
Гараж	44,8	0,31	0,456	13,888	6,328	15,262
Хозблок	41,2	0,49	0,426	20,188	8,600	21,943
Склад №3	31,8	0,41	0,456	13,038	5,940	14,327
Σ	883	0,667	0,583	589,052	343,691	681,987

Освещение территории будет выполнено светодиодным автономным, поэтому данная нагрузка не учитывается.

2.2 Выбор подстанции и силовых трансформаторов

Выбор силовых трансформаторов проводится с поправкой на компенсацию реактивной мощности (РМ).

Компенсация реактивной мощности (КРМ) – это процесс воздействия на баланс реактивной мощности в узле сети с целью регулировки напряжения. Этот процесс особенно актуален для крупных промышленных предприятий, где основными приёмниками электрической энергии являются асинхронные двигатели. КРМ позволит снизить расходы на электроэнергию, нагрузки на трансформаторы, штрафы за снижение качества поставляемой энергии, использовать кабели и провода меньшего сечения, уменьшить нагрузку на коммутирующую аппаратуру и увеличить качество электроэнергии [4].

«Требуемая для компенсации реактивная нагрузка:

$$Q_{к.у.} = 0,9 \cdot P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_k), \quad (4)$$

где P_p – нагрузка, кВт;

$tg\varphi$ – тангенс угла φ до КРМ;

$tg\varphi_k$ – нормативный тангенс угла φ » [3].

$$Q_{к.у.} = 0,9 \cdot 589,05 \cdot (0,58 - 0,33) = 134,37 \text{ квар.}$$

На шинах НН подстанции будет установлено две автоматические установки АУКРМ по 70 квар.

АУКРМ снижают потребление реактивной мощности, что уменьшает общие затраты на электроэнергию, увеличивает коэффициент полезного действия оборудования, снижая потери электроэнергии и повышая качество энергии, улучшая надёжность работы системы и уменьшая риск перегрузки и сбоев. Снижение реактивного потребления позволяет использовать более

компактные и экономичные компоненты системы, увеличивая срок их службы. АУКРМ стабилизируют напряжение и частоту, обеспечивая стабильное и качественное питание для потребителей. Установки оснащены микропроцессорными устройствами управления, которые позволяют автоматически регулировать КРМ в зависимости от изменений нагрузки и внешних факторов. В целом, использование АУКРМ является эффективным способом оптимизации работы электрической системы [5].

Компенсация реактивной мощности рассчитана в таблице 3.

Таблица 3 – Компенсация реактивной мощности

Показатели	cosφ	tgφ	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
Всего на НН	0,86	0,58	589,05	343,69	681,99
КУ, квар	-	-	-	140	-
Всего на НН с КУ	0,95	0,35	589,05	203,69	623,28
Потери	-	-	12,47	62,33	-
Всего на ВН с КУ	-	-	601,52	266,02	657,72

Потери в трансформаторах:

$$\Delta P_m \approx 0,02 \cdot S_p, \quad (5)$$

$$\Delta P_m \approx 0,02 \cdot 623,28 = 12,47 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_m \approx 0,1 \cdot S_p, \quad (6)$$

$$\Delta Q_m \approx 0,1 \cdot 623,28 = 62,33 \text{ квар}.$$

Нагрузка ТП по стороне ВН, по (3):

$$S'_p = \sqrt{(589,05 + 12,47)^2 + (203,69 + 62,33)^2} = 657,72 \text{ кВА}.$$

«Внешний вид установки АУКРМ показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Установка АУКРМ

Необходимая мощность трансформаторов:

$$S_m \geq K_{з.н.} \cdot S_{р.к.}, \quad (7)$$

где $K_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки;

$S_{р.к.}$ – нагрузка, кВА» [14].

$$S_m \geq 0,7 \cdot 623,28 = 436,3 \text{ кВА.}$$

Принимается два энергоэффективных трансформатора марки ТМГ35-630-10/0,4. ТМГ35 – это серия энергосберегающих трансформаторов производства ОАО «МЭТЗ ИМ. В. И. Козлова». Трансформаторы этой серии имеют пониженный уровень потерь холостого хода и короткого замыкания по сравнению с другими силовыми трансформаторами, выпускаемыми в СНГ.

«Коэффициент загрузки в аварийном режиме:

$$K_{з.ав.} = \frac{S_{р.к.}}{S_m}, \quad (8)$$

где S_m – номинальная мощность, кВА» [8].

$$K_{з.ав.} = \frac{623,28}{630} = 0,989 \leq 1,4.$$

Установка современной комплектной ТП марки 2КТПН-630/10/0,4 со штатным комплектом оборудования позволит сократить затраты на монтаж, установку и наладку, а также сократить экономические затраты в целом, повысить удобство эксплуатации и ремонт ТП. Данная подстанция имеет полностью металлический корпус, надежно защищенный от атмосферных осадков.

2.3 Выбор кабелей линии внешнего электроснабжения

Выбор кабелей высоковольтной линии внешнего электроснабжения – важный этап проектирования и строительства электрической сети. Он включает в себя анализ различных параметров и характеристик кабелей, таких как материал, номинальное сечение токоведущей части и соответствие требованиям нормативных документов. При выборе учитываются номинальные напряжения и токи, условия прокладки и эксплуатации, а также экономические показатели. Важно обеспечить надёжность и безопасность работы линии, минимизировать потери электроэнергии и оптимизировать затраты на материалы и монтаж.

«Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n}, \quad (9)$$

где S'_p – нагрузка, кВА;

U_n – напряжение, кВ;

n – число цепей, шт» [1].

$$I_p = \frac{657,72}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 18,99 \text{ А.}$$

«Экономическое сечение жил:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \quad (10)$$

где $j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, А/мм²» [12].

$$F_{\text{эк}} = \frac{18,99}{1,4} = 13,6 \text{ мм}^2.$$

Выбирается кабель АПВП-3×16 мм².

$$I_{\text{ав}} = \frac{657,72}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 37,97 \text{ А.}$$

«Допустимый ток кабеля:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нов}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{нон}}, \quad (11)$$

где $I_{\text{доп}}$ – паспортный ток, А;

$K_{\text{нов}}$, $K_{\text{ср}}$, $K_{\text{нон}}$ – коэффициенты недогруженности КЛ, среды и групповой прокладки» [15].

$$I'_{\text{доп}} = 75 \cdot 1,25 \cdot 1,08 \cdot 0,93 = 94,163 \text{ А} > I_{\text{ав}}.$$

Преимущества выбранных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена включают высокую пропускную способность, малый вес, меньший диаметр и радиус изгиба, низкую повреждаемость, малую плотность и низкие значения диэлектрических потерь. Они также подходят для прокладки на сложных трассах и монтажа без специального оборудования, что снижает себестоимость прокладки. Уникальные свойства данных кабелей обусловлены применением специального изоляционного материала. Полиэтилен обладает высокой электрической и механической прочностью, меньшей гигроскопичностью и большим диапазоном рабочих температур, что позволяет увеличить допустимую температуру нагрева жил до 90 °С и допустимую температуру нагрева при коротком замыкании до 250 °С. В целом, кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена являются более надёжными в эксплуатации, требуют меньших затрат на монтаж, реконструкцию и содержание КЛ. Это подтверждается многолетним опытом их использования в различных странах мира [10].

«Потери напряжения в линии:

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_n} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (12)$$

где I_p – максимальный ток КЛ, А;

L – длина КЛ, км;

r_0, x_0 – удельные сопротивления кабеля, Ом/км» [12].

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 37,97 \cdot 0,805 \cdot 100}{10} (1,94 \cdot 0,915 + 0,102 \cdot 0,404) = 0,24 \% < 5 \%$$

Потери напряжения – в рамках допустимых пределов.

2.4 Выбор кабелей системы внутреннего электроснабжения

Система внутреннего электроснабжения действующей базы выполнена по радиальной схеме, что обеспечивает повышенную надежность и удобство эксплуатации СЭС. Например, при выполнении ремонтных и прочих работ по обслуживанию СЭС, возможно отключать отдельные участки электроснабжения индивидуально по цехам, без перерывов электроснабжения остальных производственных участков. План трасс кабельных линий показан на рисунке 3.

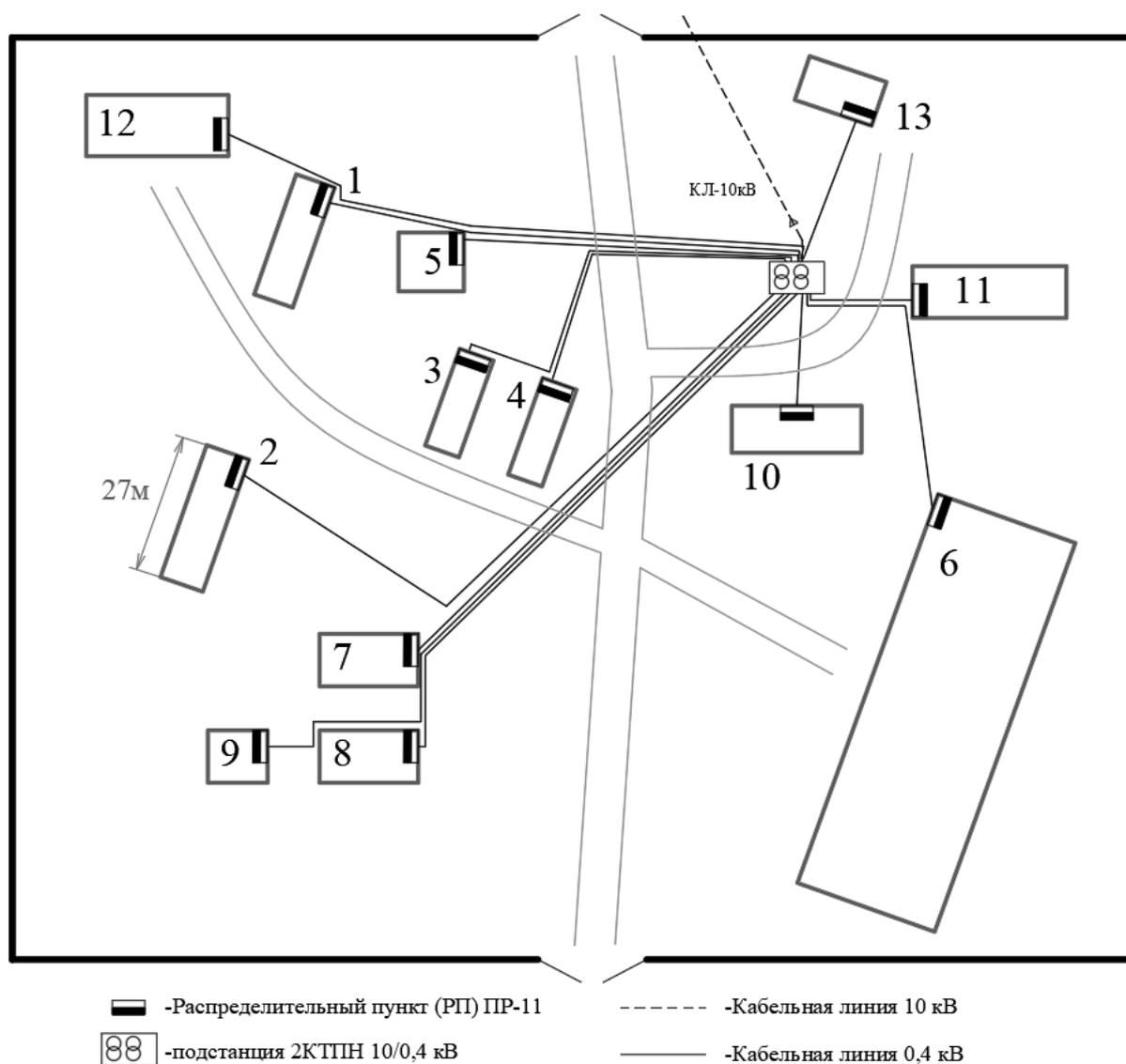


Рисунок 3 – План трасс кабельных линий

Также радиальная схема обеспечивает точную селективную работу аппаратов защиты (автоматических выключателей) линий распределительной сети. В целом, структура действующей радиальной схемы удовлетворяет всем эксплуатационным требованиям, поэтому она остается неизменной.

Для питания цехов от ТП принимаются кабели марки АВБШв с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Расчет для КЛ до цеха №1.

«Максимальный ток линии:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (13)$$

где S_p – нагрузка, кВА;

U_n – напряжение, кВ» [1].

$$I_p = \frac{254,58}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 386,8 \text{ А}$$

Выбирается кабель АВБШв-4×240+1×120, $I_{\text{доп}} = 445 \text{ А}$ [12].

«При расчете потерь напряжения в сети до 1 кВ индуктивным сопротивлением проводов можно пренебречь» [3]. Потери напряжения, согласно (12):

$$\Delta U_n = \frac{\sqrt{3} \cdot 386,8 \cdot 53,81 \cdot 100}{0,38} (0,00013 \cdot 0,83 + 0 \cdot 0,295) = 1,02 \% < 5 \%$$

Потери напряжения – в рамках допустимых пределов.

Для всех линий внутреннего электроснабжения кабели выбраны в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор кабелей линий внутреннего электроснабжения

№ здания	I_p , А	Марка кабеля АВБШв	$I_{доп}$, А	ΔU , %
1	386,80	4x240+1x120	445	1,02
2	141,63	4x35+1x25	155	1,41
3	29,22	5x4	34	1,36
4	29,22	5x4	34	1,05
5	105,67	4x25+1x16	125	0,64
6	120,52	4x25+1x16	125	0,68
7	98,93	4x25+1x16	125	0,90
8	123,85	4x25+1x16	125	1,36
9	129,42	4x35+1x25	160	1,29
10	186,74	4x70+1x35	220	0,13
11	74,80	5x16	90	0,22
12	68,04	5x10	70	1,85
13	53,10	5x6	55	0,59

Все кабели подходят по параметрам.

2.5 Определение токов КЗ

Ток короткого замыкания (ТКЗ) – это сверхток в электрической цепи при коротком замыкании. ТКЗ обычно возникает из-за повреждения изоляции проводящих частей или ошибочного соединения проводников с разными электрическими потенциалами. Величина ТКЗ может многократно превышать значение тока перегрузки и номинального тока. ТКЗ определяют при проектировании электроустановок зданий и учитывают при выборе

характеристик электрооборудования и проверке термической стойкости кабелей.

Расчетная схема и схема замещения для определения ТКЗ на шинах 10 кВ подстанции приведены на рисунке 4.

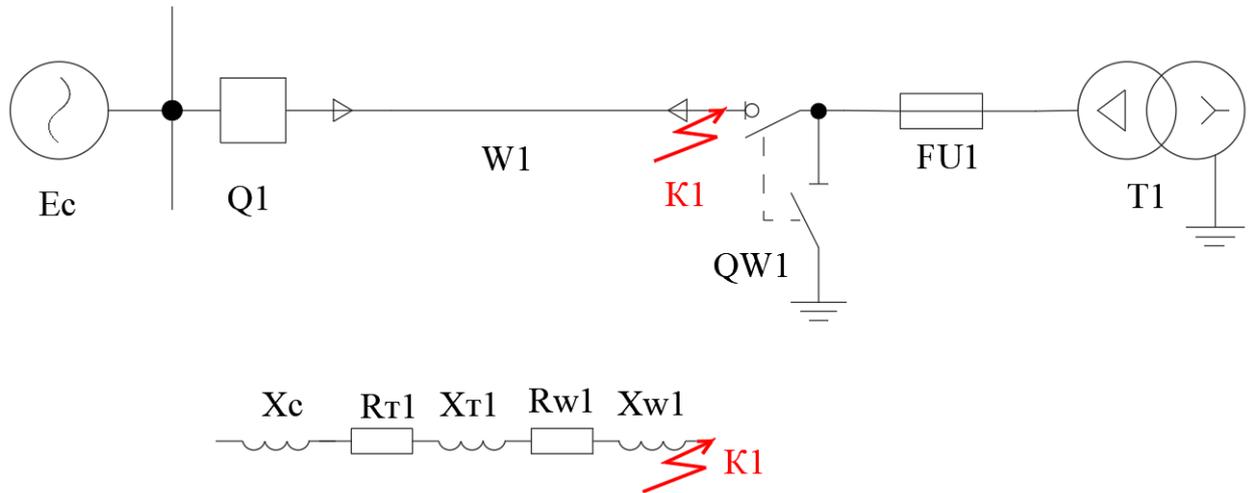


Рисунок 4 – Расчетная схема и схема замещения

«Сопротивление системы:

$$X_c = \frac{U_\kappa}{\sqrt{3} \cdot I_{\kappa.з.ФВД}^{(3)}}, \quad (14)$$

где U_κ – напряжение КЗ, кВ;

$I_{\kappa.з.ФВД}^{(3)}$ – трехфазный ток КЗ на питающем фидере» [17].

$$X_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 10,62} = 0,571 \text{ Ом.}$$

«Сопротивления КЛ 10 кВ:

$$X_{w1} = x_0 \cdot L_{w1}, \quad (15)$$

где L_{w1} – длина КЛ, км.

$$\begin{aligned}X_{w1} &= 0,102 \cdot 0,51 = 0,052 \text{ Ом}; \\R_{w1} &= r_0 \cdot L_{w1}, \\R'_{w1} &= 1,94 \cdot 0,51 = 0,989 \text{ Ом}.\end{aligned}\tag{16}$$

Полное сопротивление до точки К1» [17]:

$$\begin{aligned}Z_{\kappa 0} &= \sqrt{R_{\kappa 0}^2 + X_{\kappa 0}^2}, \\Z_{\kappa 0} &= \sqrt{0,989^2 + (0,571 + 0,052)^2} = 1,169 \text{ Ом}.\end{aligned}\tag{17}$$

«Трехфазный ток КЗ:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\kappa}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa}},\tag{18}$$

где U_{κ} – напряжение КЗ, кВ;

Z_{κ} – полное сопротивление цепи, Ом.

$$I_{\kappa 0}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,169} = 5,19 \text{ кА}.$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\kappa}^{(3)},\tag{19}$$

где K_y – ударный коэффициент» [17].

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,19 = 13,2 \text{ кА}.$$

«Двухфазный ток КЗ:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (20)$$

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5,19 = 4,49 \text{ кА.}$$

Расчет на шинах 0,4 кВ ТП.

Расчетные схемы – на рисунке 5.

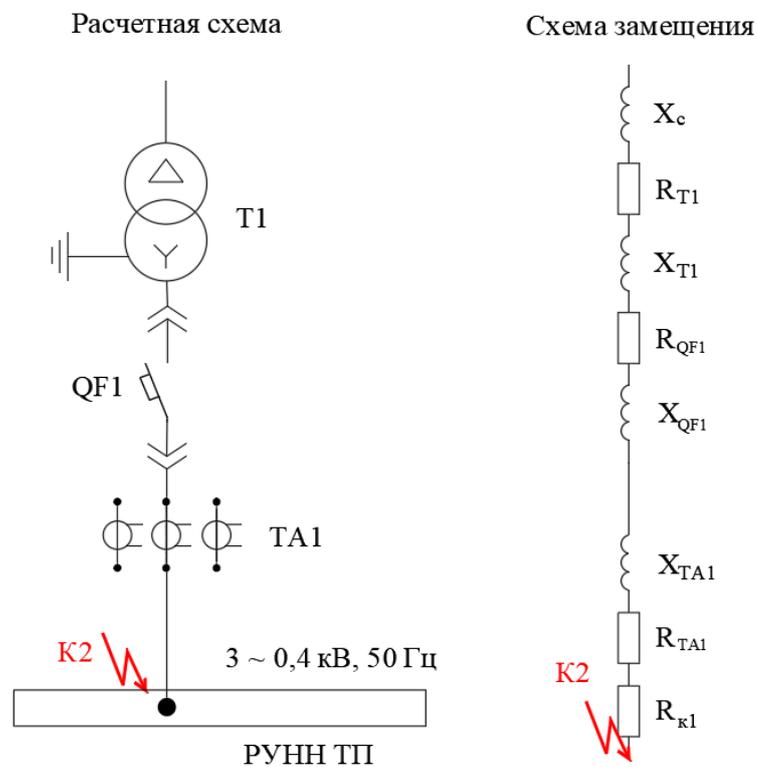


Рисунок 5 – Расчетные схемы

Сопротивление системы:

$$X'_c = \frac{U_{\kappa}}{\sqrt{3} \cdot I_{\kappa.з.К0}^{(3)}}, \quad (21)$$

где U_k – напряжение КЗ, кВ;

$I_{к.з.К0}^{(3)}$ – трехфазный ток КЗ на стороне 10 кВ ТП, кА» [17].

$$X'_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 5,19} = 1,169 \text{ Ом.}$$

«Сопротивление приводится к 0,4 кВ:

$$X_c = X'_c \cdot \frac{U_{нн}}{U_{вн}}, \quad (22)$$

$$X_c = 1169 \cdot \frac{0,4}{10,5} = 44,538 \text{ мОм.}$$

Переходное сопротивление: $R_{к1} = 0,0034 \text{ мОм}$ » [17].

«Эквивалентные сопротивления участка:

$$R_{\text{э1}} = R_{T1} + R_{QF1} + R_{TA1} + R_{к1}, \quad (23)$$

$$R_{\text{э1}} = 3,1 + 0,13 + 0,07 + 0,0034 = 3,4 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{э1}} = X_m + X_{QF1} + X_{TA1}, \quad (24)$$

$$X_{\text{э1}} = 13,6 + 0,12 + 0,07 = 13,8 \text{ мОм;}$$

Сопротивления до точки КЗ:

$$R_{к1} = R_{\text{э1}}, \quad (25)$$

$$R_{к1} = 3,4 \text{ мОм;}$$

$$X_{к1} = X_c + X_{\text{э1}}, \quad (26)$$

$$X_{к1} = 44,538 + 13,8 = 58,338 \text{ мОм;}$$

$$Z_{к1} = \sqrt{3,4^2 + 58,338^2} = 58,438 \text{ мОм;}$$

Трехфазный и ударный токи КЗ в точке К1, по (18,19):

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 58,438} = 3,95 \text{ кА.}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 3,95 = 7,26 \text{ кА.}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5» [17].

Таблица 5 – Токи КЗ, результаты расчетов

Точка КЗ	$I_{\kappa}^{(3)}$, кА	i_y , кА
К1 (шины 10 кВ ТП)	5,19	13,20
К2 (шины 0,4 кВ ТП)	3,95	7,26

«Термически стойкое сечение жил кабелей:

$$F_T = I_K^{(3)} \cdot \sqrt{t_3} / K_T, \quad (27)$$

где t_3 – время срабатывания защиты, с;

K_T – температурный коэффициент» [8].

$$F_T = 3950 \cdot \sqrt{0,01} / 95 = 4,15 \text{ мм}^2$$

По результатам проверки по минимальному термически стойкому сечения, кабели питания участков №3 и №4 принимаются большего сечения, марки АВБШв-5×6. Остальные выбранные кабели проходят по термической стойкости.

2.6 Выбор оборудования защиты линий

Защита линий распределительной сети.

Защита линий распределительной сети обеспечивается автоматическими выключателями. Эти устройства предназначены для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с утечкой тока, коротким замыканием, несоответствием токов характеристикам проводов и кратковременными перепадами тока. Автоматические выключатели обеспечивают надёжную защиту благодаря своему сложному устройству и способности отключать повреждённый участок сети от питания вручную или автоматически. В отличие от предохранителей, автоматические выключатели могут защищать как однофазные, так и трёхфазные сети. Кроме того, электробезопасность внутри зданий обеспечивают устройства защитного отключения (УЗО), которые предотвращают утечку тока, и дифференциальные автоматы, сочетающие в себе автоматический выключатель и УЗО [13,18]. Эти дополнительные устройства обеспечивают максимальную защиту от всех возможных неисправностей. Таким образом, автоматические выключатели являются важным элементом системы защиты линий распределительной сети, обеспечивая безопасность и стабильность работы электрической установки [20].

«Условия выбора автоматических выключателей:

– по напряжению:

$$U_{ном} > U_c, \quad (28)$$

– по току теплового расцепителя» [20]:

$$I_{т.р.} > 1,1 \cdot I_p, \quad (29)$$

Для линии к участку №1:

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot 386,8 = 425,5 \text{ А.}$$

Принимается автомат ВА-52-39/500, уставка теплового расцепителя:
450 А.

Выбор автоматических выключателей сведен в таблице 6.

Таблица 6 – Выбор автоматических выключателей

№ цеха	$1,1 \cdot I_p, \text{А}$	Авт. выкл.	$I_{ном}, \text{А}$
1	425,5	ВА-52-39	500
2	155,8	ВА-52-39	160
3	32,1	ВА-47-29	40
4	32,1	ВА-47-29	40
5	116,2	ВА-47-100	125
6	132,6	ВА-52-39	160
7	108,8	ВА-47-100	125
8	136,2	ВА-52-39	160
9	142,4	ВА-52-39	160
10	205,4	ВА-52-39	250
11	82,3	ВА-47-100	100
12	74,8	ВА-47-100	80
13	58,4	ВА-47-100	63

Внешний вид автоматических выключателей приведен на рисунке 6.

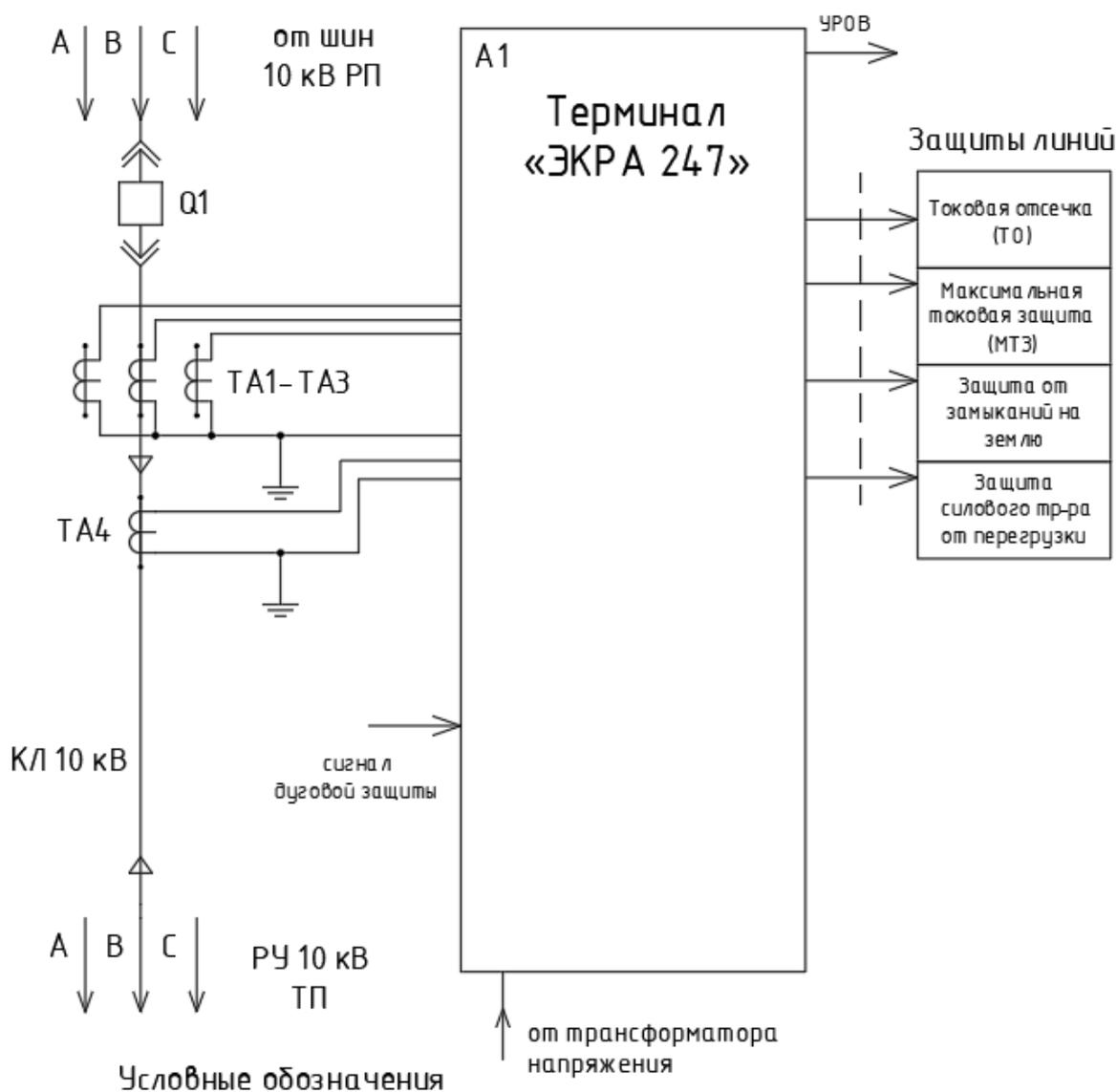


Рисунок 6 – Внешний вид автоматических выключателей

Защита питающего фидера 10 кВ.

Микропроцессорная релейная защита фидера 10 кВ представляет собой современное решение для обеспечения надёжной и безопасной работы питающей сети. Она основана на использовании современных микропроцессорных устройств, которые позволяют значительно улучшить качество и эффективность защиты. Микропроцессорные устройства РЗА обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими реле. Они обеспечивают более высокую точность измерений, быстродействие и гибкость настроек, а также возможность интеграции с автоматизированными системами управления. Основные функции микропроцессорной РЗ фидера 10 кВ включают обнаружение и локализацию аварийных режимов работы, автоматическое отключение повреждённых участков сети, мониторинг состояния оборудования и предупреждение о возможных неисправностях, регистрацию аварийных событий и передачу информации о них в систему управления. Применение микропроцессорной релейной защиты позволяет существенно повысить уровень безопасности и надёжности работы электросетей, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и уменьшить ущерб [2].

«Защита питающего фидера 10 кВ реализуется на терминалах ЭКРА 247, схема защиты – на рисунке 7» [6].



Обозн.	Наименование
Q1	Высоковольтный выключатель
ТА1-ТА3	Трансформаторы тока
ТА4	Трансформатор тока нулевой последовательности
А1	Терминал ЭКРА 247
УРОВ	Устройство резервирования отката выключателя

Рисунок 7 – Схема релейной защиты фидера 10 кВ

Внешний вид терминала показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Терминал ЭКРА 247

Расчет уставок защит.

«Токовая отсечка:

$$I_{C3} \geq K_{отс} \cdot I_{НОМ.Т} , \quad (30)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки.

$$I_{C3} \geq 5 \cdot 0,03797 = 0,1898 \text{ кА}$$

МТЗ:

$$I_{C3} \geq \frac{K_H \cdot K_{C3}}{K_B} \cdot I_{p.макс} , \quad (31)$$

где $I_{p.макс}$ – расчетный ток КЛ, А.

Чувствительность защиты» [9]:

$$k_u = \frac{I_K^{(2)}}{I_{C3}} , \quad (32)$$

$$I_{C3} \geq \frac{1,1 \cdot 1,18}{0,935} \cdot 37,97 = 52,71 \text{ А}$$

$$k_u = \frac{4490}{52,71} = 85,2 \geq 1,5$$

«Ток срабатывания реле:

$$I_{CP} = I_{C3} \cdot \frac{k_{cx}}{n_T} , \quad (33)$$

где k_{cx} , n_T – коэффициенты схемы и трансформации для ТТ» [9].

$$I_{CP} = 52,71 \cdot \frac{1}{50/5} = 5,271 \text{ А}$$

«Ток срабатывания защиты от замыканий на землю:

$$I_{C.з.} \geq k_{отс} \cdot k_B \cdot I_C , \quad (34)$$

где $k_{отс}$, k_B – коэффициенты отстройки и броска ёмкостного тока;

I_C – ёмкостный ток присоединения, А.

$$I_C = I_{CO} \cdot L , \quad (35)$$

где I_{CO} – удельный ёмкостный ток, А/км;

L – длина КЛ, км» [9].

$$I_C = 0,55 \cdot 0,51 = 0,2805 \text{ А,}$$

$$I_{C.з.} \geq 1,2 \cdot 2,5 \cdot 0,2805 = 0,8415 \text{ А.}$$

Ввиду наличия потребителей первой категории надежности электроснабжения, на шинах 0,4 кВ подстанции устанавливается терминал для реализации автоматического ввода резерва (АВР) питания.

2.7 Обеспечение бесперебойного питания, выбор оборудования АВР

Обеспечение бесперебойного питания играет ключевую роль в работе современных предприятий и организаций. Выбор правильного оборудования для автоматического ввода резерва является важным шагом для поддержания непрерывности производственных процессов и минимизации времени простоя оборудования в аварийных ситуациях. АВР представляет собой специальное оборудование, которое обеспечивает автоматический ввод резерва при сбоях в питании основной сети. В качестве резервного источника могут выступать аккумулятор, генератор или другая линия электропередач. Наличие резервного питания обеспечивает бесперебойную работу инфраструктуры и минимизирует время простоя оборудования. Правильный выбор оборудования АВР позволит обеспечить надёжное и бесперебойное питание для объектов предприятия, минимизируя риски простоев и потери данных.

«АВР выполняется на терминале ЭКРА 217 0701, отличительные особенности которого:

- надёжная современная схемотехника;
- высокое быстродействие;

- точная программная настройка АВР;
- эффективная передача данных в цифровую сеть;
- удаленные контроль и администрирование работы.

Внешний вид терминала – на рисунке 9.



Рисунок 9 – Внешний вид терминала ЭКРА 217 0701

АВР устанавливается на шинах 0,4 кВ подстанции и обеспечивает централизованный автоматический ввод резерва питания. Для обеспечения дистанционного управления и контроля состояния, вводные и секционный автоматические выключатели на вводе 0,4 кВ и секционной перемычке выбираются с электромагнитным приводом.

Уставка срабатывания АВР:

$$U_{C.P} = 0,7 \cdot U_{НОМ}, \quad (36)$$

где $U_{НОМ}$ – напряжение сети, В» [2].

$$U_{C.P0,4} = 0,7 \cdot 380 = 266 \text{ В.}$$

Уставка контроля напряжения на резервном вводе:

$$U_{C.P} = (0,6 \div 0,65) \cdot U_{НОМ}, \quad (37)$$
$$U_{C.P0,4} = (0,6 \div 0,65) \cdot 380 = 228 \div 247 \text{ В.}$$

«Время срабатывания:

$$t_{C.P.ABP} = t_1 + \Delta t, \quad (38)$$

где t_1 – время срабатывания выключателей, с;

Δt – ступень селективности, с» [2].

$$t_{C.P.ABP} = 0,05 + 0,5 = 0,55 \text{ с.}$$

Программное обеспечение для релейной защиты и автоматики включает в себя различные программы и приложения, которые используются для настройки, управления и мониторинга систем РЗА:

- Oscillo, предназначено для просмотра и обработки осциллограмм, записанных в формате COMTRADE;
- Uprog, программа поставляется в виде группы файлов, не требующих установки в операционной системе, запуск программы осуществляется в среде Windows;
- приложение РЗА ЭСТРА, обеспечивает удалённый доступ, мобильное приложение для настройки, управления и мониторинга устройств через GSM/GPRS модем или Bluetooth (ЭСТРА-РЕЛЕ);
- Offline режим, позволяет заранее сконфигурировать блок защиты, задать уставки и загрузить созданный файл при появлении доступа к устройству [6].

2.8 Расчет контура заземления подстанции

Система заземления – это комплекс мер и оборудования, направленных на обеспечение защиты от возможного поражения электрическим током при использовании бытового и промышленного электрооборудования. Её основное назначение – снижение напряжения прикосновения и перенапряжения, а также равномерное распределение потенциалов в грунте. Заземление подстанции – это процесс создания электрической цепи между землёй и металлическими элементами подстанции, такими как опоры, фундаменты и корпуса трансформаторов. Оно служит для отвода токов короткого замыкания и выравнивания потенциалов, обеспечивая безопасность работы персонала и оборудования [7]. Заземляющее устройство (ЗУ) должно иметь эквивалентное сопротивление не более предельных значений, указанных в ПУЭ.

«Размеры, материал и форма электродов выбираются согласно указаниям ГОСТ Р 58882-2020:

- для вертикальных электродов: сталь угловая горячекатаная, размер 3000×50×5 мм;
- для горизонтального электрода: сталь полосовая горячекатаная, размер 50×5 мм.

Удельное сопротивление грунта для вертикальных (ВЭ) и горизонтальных (ГЭ) электродов:

$$\rho_p = \rho \cdot K_c, \quad (39)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

K_c – коэффициент сезонности» [7].

$$\rho_{p6} = 2000 \cdot 1,1 = 2200 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$\rho_{p2} = 2000 \cdot 1,4 = 2800 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

«Сопротивление растеканию для одного ВЭ:

$$R_{\text{овэ}} = \frac{\rho_{\text{рв}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right], \quad (40)$$

где l – длина, м;

d – приведенный диаметр, м;

t – расстояние от поверхности до центра ВЭ, м.

$$d = 0,95 \cdot b, \quad (41)$$

где b – ширина уголка, м.

Для одного ВЭ, по (40,41):

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м,}$$

$$t = 3/2 + 0,8 = 2,3 \text{ м,}$$

$$R_{\text{овэ}} = \frac{2200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,0475} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) \right] = 60,962 \text{ Ом.}$$

Расчетное число ВЭ:

$$n' = R_{\text{овэ}} / R_n, \quad (42)$$

где R_n – допустимое сопротивление ЗУ, Ом.

$$n' = 60,962 / 4 = 15,2 \approx 16 \text{ шт}$$

Длина ГЭ:

$$l_2 = 1,05 \cdot a \cdot n', \quad (43)$$

где a – расстояние между ВЭ, м.

$$a = l_{nep} / n', \quad (44)$$

где l_{nep} – периметр здания ТП, м» [19].

$$l_{nep} = 2 \cdot (9,97 + 7,62) = 35,18 \text{ м},$$

$$a = 35,18 / 16 = 2,2 \text{ м},$$

$$l_2 = 1,05 \cdot 2,2 \cdot 16 = 36,96 \text{ м}.$$

«Сопротивление растеканию ГЭ:

$$R_{23} = \frac{\rho_{pz}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left(\frac{l^2}{d \cdot t} \right), \quad (45)$$

где l – длина, м;

d – расчетный диаметр, м;

t – расстояние от поверхности до центра ГЭ, м.

$$d = 0,5 \cdot b, \quad (46)$$

где b – ширина полосы, м.

Для ГЭ, по (45,46):

$$d = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м},$$

$$t = 0,05 / 2 + 0,8 = 0,825 \text{ м},$$

$$R_{23} = \frac{2800}{2 \cdot 3,14 \cdot 36,96} \cdot \ln \left(\frac{36,96^2}{0,025 \cdot 0,825} \right) = 2,757 \text{ Ом}.$$

Схема заземления ТП – на рисунке 10.

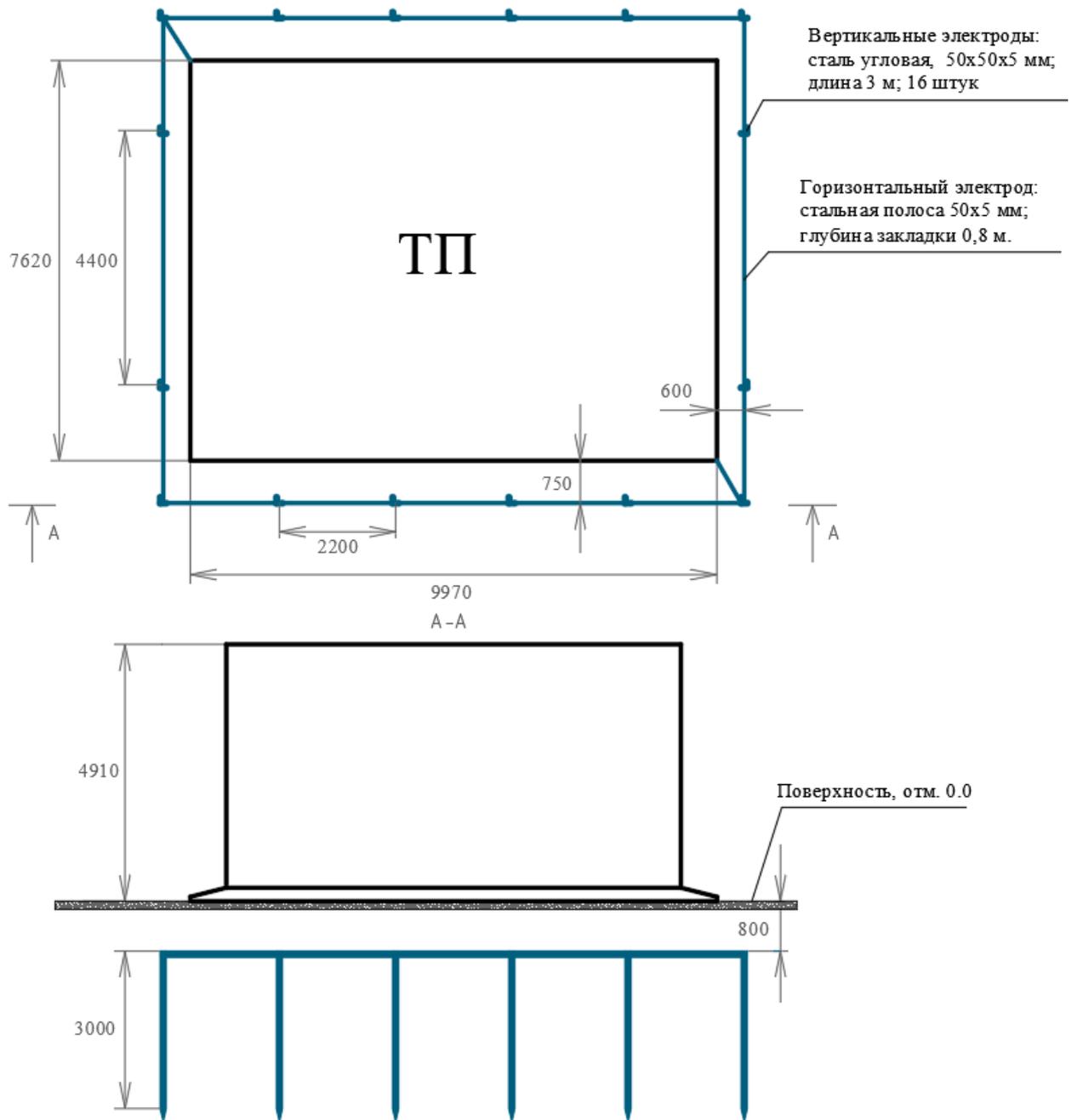


Рисунок 10 – Схема заземления ТП

Итого сопротивление ЗУ:

$$R_{zp} = \frac{R_{огэ} \cdot R_{зэ}}{R_{огэ} \cdot \eta_6 \cdot n + R_{зэ} \cdot \eta_2}, \quad (47)$$

где η_6 , η_2 – коэффициенты использования ВЭ и ГЭ.

$$R_{cp} = \frac{60,962 \cdot 2,757}{60,962 \cdot 0,51 \cdot 16 + 2,757 \cdot 0,3} = 3,792 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

Сопротивление не будет превышать допустимое.

Схема заложения электродов показана на рисунке 11.

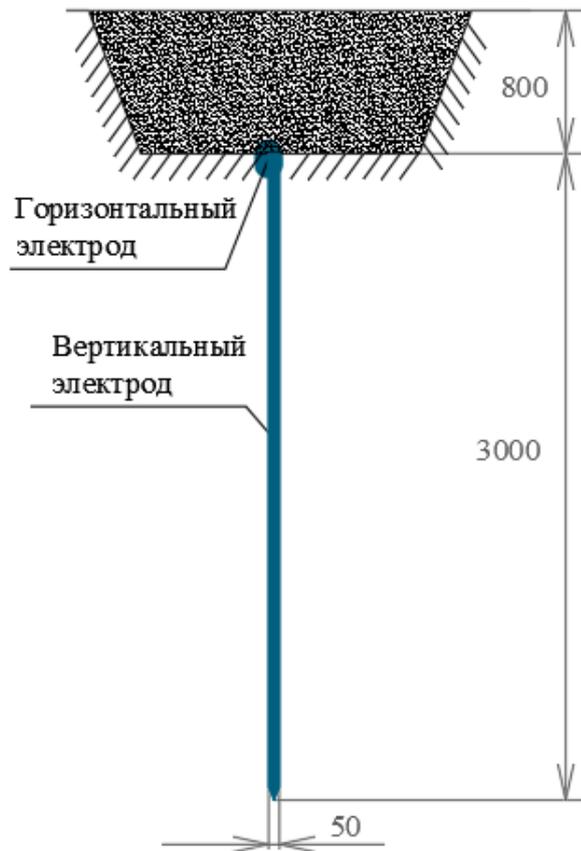


Рисунок 11 – Схема заложения электродов

Система заземления ТП обеспечивает безопасную эксплуатацию системы электроснабжения» [19].

После определения безопасной глубины конструкции (где грунт всегда влажный) выкапывается траншея, и металлические стержни (заземляющие электроды) заглубляются в грунт. Стержни забиваются в грунт с помощью вибромолота или перфоратора со специальной насадкой. Затем собирается контур заземления: стержни, расположенные в ряд или в форме

треугольника, соединяются лентой или трубами и свариваются последовательно. Готовый заземлитель подключается к подстанции, и траншея засыпается.

2.9 Молниезащита подстанции

Молниезащита подстанции – это комплекс мероприятий, направленных на предотвращение повреждений и разрушений оборудования, а также обеспечение безопасности людей и животных. Она включает в себя установку молниеотводов, заземляющих устройств и средств защиты от импульсных перенапряжений. Молниезащита подстанции должна быть спроектирована и установлена в соответствии с требованиями нормативных документов и с учётом особенностей конкретной подстанции. При проектировании необходимо учитывать климатические условия, тип подстанции, её расположение и другие факторы.

В данном случае подстанция имеет полностью металлический корпус, надёжно защищенный от атмосферных осадков и соединенный с заземляющим устройством. Согласно указаниям ПУЭ, в данном случае дополнительные меры по молниезащите не нужны [16].

Выводы по второму разделу.

Определены расчетные электрические нагрузки производственных участков и по ремонтной базе в целом, согласно которым выбрано основное оборудование системы электроснабжения. Рассчитаны рабочие и аварийные режимы СЭС, выполнена проверка кабелей по термической стойкости. Выбрано оборудование защиты линий, определены требуемые уставки для предусмотренных видов релейной защиты и автоматики. Спроектировано заземляющее устройство подстанции, которое обеспечит надёжную работу оборудования и электробезопасность для персонала.

Заключение

Разработана система электроснабжения ремонтной базы предприятия ООО «Киришинефтеоргсинтез», г. Кириши. Приведена краткая характеристика предприятия и рассматриваемой ремонтной базы. Составлен перечень производственных цехов и вспомогательных зданий, а также генеральный план базы. Рассмотрены производственные участки, их особенности и требования к надежности электроснабжения, систематизированы и подготовлены исходные данные.

Определены расчетные электрические нагрузки производственных участков, полные нагрузки составили от 7,885 кВА до 203,66 кВА. Для ремонтной базы в целом расчетные электрические нагрузки составили 589,052 кВт; 343,691 квар; 681,987 кВА. На шинах НН подстанции будет установлено две автоматические установки АУКРМ по 70 квар, после КРМ потребление реактивной мощности, в целом по базе, снизилось и составило 203,69 квар. Итоговые нагрузки, с учетом потерь в силовых трансформаторах подстанции, составили 601,52 кВт; 266,02 квар; 657,72 кВА. Согласно данным нагрузкам выбрано основное оборудование системы электроснабжения. Рассчитаны рабочие и аварийные режимы СЭС, выполнена проверка кабелей по термической стойкости. Выбрано оборудование защиты линий, определены требуемые уставки для предусмотренных видов релейной защиты и автоматики. Спроектировано заземляющее устройство подстанции, которое обеспечит надежную работу оборудования и электробезопасность для персонала.

Предлагаемая система электроснабжения ремонтной базы разработана с учетом передовых технических решений и с применением современных марок высоконадежного, экологичного и безопасного в эксплуатации электрооборудования. Данная СЭС планируется к монтажу для запуска базы в эксплуатацию.

Список используемых источников

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. 415 с.
2. Бирюлин В.И. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2022. 164 с.
3. Бирюлин В.И. Электроснабжение промышленных и гражданских объектов : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2022. 204 с.
4. Голов Р. С. Управление энергосбережением на промышленном предприятии : монография. М. : Дашков и К, 2023. 458 с.
5. Головатый С. Е. Охрана окружающей среды и энергосбережение : учебное пособие. Минск : РИПО, 2021. 304 с.
6. Горемыкин С. А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие. М. : ИНФРА-М, 2023. 191 с.
7. Грунтович Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учебное пособие. М. : ИНФРА-М, 2023. 271 с.
8. Иванов С.Н. Надежность электроснабжения : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2022. 164 с.
9. Куксин А. В. Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. 200 с.
10. Куксин А.В. Электроснабжение промышленных предприятий : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
11. ООО «Киришинефтеоргсинтез». Сайт. [Электронный ресурс]. – <https://www.kinef.ru/> (дата обращения: 14.04.2024).
12. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: Учебное пособие. М. : Форум, 2022. 416 с.

13. Пасютина О. В. Охрана труда при технической эксплуатации электрооборудования : учебное пособие. – 4-е изд., стер. Минск : РИПО, 2021. 115 с.
14. Петухов Р.А. Электроснабжение : учебное пособие. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. 328 с.
15. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий. СПб. : Лань, 2023. 396 с.
16. Правила устройства электроустановок: действующие разделы 6-го и 7-го изданий. М. : ИНФРА-М, 2023. 832 с.
17. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания. М. : Издательство НЦ ЭНАС, 2002. 149 с.
18. Сибикин Ю. Д. Охрана труда и электробезопасность : учебное пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. М. : Инфра-Инженерия, 2021. 312 с.
19. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учебное пособие. – 3-е изд., испр. М. : ИНФРА-М, 2023. 214 с.
20. Щербаков, Е. Ф. Электрические аппараты : учебное пособие. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. 303 с.