

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение промежуточной нефтеперекачивающей станции магистрального нефтепровода

УДК 621.31.031:622.692.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2Д2	Бердников Евгений Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рахматуллин И.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт **Энергетический (ЭНИН)**
Направление подготовки **13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**
Кафедра **Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)**

УТВЕРЖДАЮ:
И. о. зав. кафедрой ЭПП
_____ **Сурков М.А.**
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2Д2	Бердникову Евгению Николаевичу

Тема работы:

Электроснабжение промежуточной нефтеперекачивающей станции магистрального нефтепровода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Промежуточная НПС магистрального нефтепровода Внешнее электроснабжение от ПС 110/10 кВ Категория потребителей: I, II Категория пожароопасности: Б Привод насосных агрегатов: 4 x STD-5000-2РУХЛ4
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчёт электроснабжения предприятия 2. Выбор сечения КЛ и ВЛ 3. Выбор ячеек КРУ 4. Выбор КТП 5. Расчёт токов КЗ 6. Расчёт электроснабжения магистральной насосной 7. Расчёт защит синхронных двигателей
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Картограмма нагрузок предприятия 2. Схема однолинейная
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Электроснабжение предприятия</p>	<p>Рахматуллин Ильяс Аминович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Грахова Елена Александровна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Король Ирина Степановна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рахматуллин И.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2Д2	Бердников Евгений Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A2D2	Бердников Евгений Николаевич

Институт	Электронног о обучения	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специаль ность	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Среднемесячная начисленная заработная плата (по данным Росстат): Руководитель — 51000 руб Инженер — 34100 руб Стоимость материальных ресурсов по данным компании DNS</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Величина накладных расходов 16 %</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в страховые фонды – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Обоснование и потенциальные потребители проекта Определение научно-технического уровня проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование работ по проекту Построение графика работ Формирование бюджета проекта</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка организационной эффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Календарный план-график выполнения проекта (диаграмма Ганта)</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A2D2	Бердников Е.Н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2Д2	Бердников Евгений Николаевич

Институт	ИнЭ О	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бака лавр	Направление/специал ьность	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Нефтеперекачивающая станция, помещение магистральной насосной.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Выявленные вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Шум (ГОСТ 12.1.003 — 83ССБТ, превышает 80 дБА) 2. Вибрация (СН 2.2.4/2.1.8.566 — 96, превышает 0,2 мм/с) <p>Выявленные опасные факторы производства:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Движущиеся части механизмов 2. Термические ожоги 3. Высокое напряжение (классы напряжений 0,4 кВ, 10 кВ) 4. Пожароопасность
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Предприятие находится вне селитебной зоны.</p> <p>Воздействия на атмосферу не оказывает.</p> <p>Воздействия на гидросферу не оказывает.</p> <p>Во время производственной деятельности образуются отходы 3 класса опасности.</p> <p>СП 42.13330.2011 ГОСТ Р 56167-2014 «Выбросы</p>

	<p>загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета ущерба от промышленного предприятия объектам окружающей среды.»</p> <p>СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»</p> <p>ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.003 - 83ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ12.1.038-82ССБТ.</p> <p>Электробезопасность. СН 2.2.4/2.1.8.566 - 96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Типичная ЧС — Пожар</p> <p>Меры по предупреждению в соответствии с ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в РФ».</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработан план эвакуации; - Установлена пожарная сигнализация; - Имеется пожарный резервуар; - Помещения оборудованы первичными средствами пожаротушения; - Установлена автоматическая система пожаротушения.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.4.011 - 89 ССБТ. Средства защиты работающих. Трудовой Кодекс РФ</p> <p>ПОТ РО 112-002-98 Правила по охране труда при эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2Д2	Бердников Е.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 75 _____ с., _____ 8 _____ рис., _____ 22 _____ табл.,
_____ 9 _____ источников, _____ 2 _____ прил.

Ключевые слова: НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩАЯ СТАНЦИЯ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ТОКОВАЯ ОТСЕЧКА, ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ _____

Объектом исследования является промежуточная нефтеперекачивающая станция магистрального нефтепровода

Цель работы – разработка системы электроснабжения и защиты высоковольтных электродвигателей.

В процессе исследования проводились: анализ графика нагрузок НПС, требований к условиям электроснабжения по категориям.

В результате исследования была разработана схема электроснабжения, рассчитаны токи КЗ, выполнен выбор оборудования, рассчитаны уставки защит, построены графики.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: равномерный график нагрузки, потребители I и II категории, категория пожарной опасности Б.

Оглавление

1 Введение.....	10
2 Сведения о предприятии.....	10
3 Расчёт нагрузок.....	10
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом.....	10
3.2 Построение картограммы нагрузок.....	12
3.3 Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции 10/0,4 кВ.....	12
3.4 Внешнее электроснабжение.....	17
4 Схема электроснабжения.....	17
4.1 Расчёт внутризаводской сети 10 кВ.....	17
4.1.1 Расчёт ВЛ 10 кВ от ПС 110/10 до ЗРУ.....	18
4.1.2 Расчёт КЛ от ЗРУ-10 до КТП.....	19
4.1.3 Расчёт КЛ питания синхронных двигателей.....	21
4.2 Расчёт токов КЗ.....	23
4.2.1 Расчёт токов КЗ на шинах РУ подстанции.....	25
4.2.2 Расчёт токов КЗ на шинах ЗРУ 10 кВ.....	26
4.2.3 Расчёт токов КЗ на вводах СД.....	28
4.2.4 Расчёт токов КЗ на шинах 0,4 кВ КТП.....	28
4.3 Выбор КРУ.....	31
4.4 Расчёт уставок защиты.....	31
4.4.1 Защита отходящих линий до КТП.....	31
4.4.2 Защита синхронных двигателей.....	32
4.5 Расчёт внутризаводской сети 0,38 кВ.....	37
4.6 Расчёт электроснабжения магистральной насосной.....	39
4.6.1 Шкаф распределительный 1ШР.....	41
4.6.2 Шкаф распределительный 2ШР.....	42
4.6.3 Шкаф распределительный 3ШР.....	42
4.6.4 Нагрузка выше 1000 В.....	43
4.6.5 Осветительная нагрузка.....	43
4.6.6 Выбор автоматических выключателей.....	43
4.6.7 Выбор сечения кабелей.....	44
Рисунок 6. Схема электроснабжения насосной.....	51
4.6.8 Расчёт падений напряжений.....	51
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	56
5.1 Обоснование и потенциальные потребители проекта.....	56
5.2 Планирование работ по проекту.....	59
5.3 Бюджет проекта.....	61
5.3.1 Материальные затраты.....	61
5.3.2 Затраты на основную и дополнительную заработную плату.....	62
5.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды.....	63
5.3.4 Накладные расходы.....	63

5.4	Организационная эффективность проекта.....	64
6	Социальная ответственность.....	65
6.1	Анализ опасных и вредных факторов	65
6.2	Техника безопасности.....	66
6.3	Производственная санитария	67
6.3.1	Влияние шума.....	67
6.3.2	Микроклимат	67
6.3.3	Виброакустические факторы.....	68
6.4	Чрезвычайные ситуации	69
6.5	Охрана окружающей среды.....	70
6.6	Организация рабочего процесса	71
7	Заключение	72
8	Нормативные ссылки	73
9	Сокращения.....	73
10	Список литературы	75

1 Введение

В настоящее время нефть является одним из ценнейших экономических ресурсов. Для доставки добытой нефти потребителям используются различные виды транспорта, один из которых – трубопроводный, в состав которого входят пункты приёма/сдачи, линейная часть и нефтеперекачивающие станции.

2 Сведения о предприятии

Нефтеперекачивающая станция (НПС) представляет собой комплекс сооружений и устройств для приема, и перекачки нефти по магистральному нефтепроводу.

В состав НПС входят:

- насосная станция с магистральными насосными агрегатами;
- фильтры-грязеуловители;
- узел регулирования давления;
- узлы с предохранительными устройствами;
- технологические трубопроводы;
- системы водоснабжения, теплоснабжения, вентиляции, пожаротушения, электроснабжения, автоматики, телемеханики, АСУ, связи, производственно–бытовые здания и сооружения.

Перекачка нефти осуществляется насосами НМ-7000/210, приводимыми синхронными электродвигателями СТД-5000-2РУХЛ4.

Генплан предприятия приведен на рисунке 1. Сведения о нагрузках приведены в Таблице 1.

3 Расчёт нагрузок

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Значения коэффициентов спроса и мощности принимаем согласно [3, табл.1.6] и [4, табл.1.1]

Результаты расчётов сведём в таблицы.

Таблица 1. Расчетные нагрузки 0,38 и 6-10 кВ

№ по ген. плану	Наименование потребителей	Силовая нагрузка				
		P _н , кВт	K _с	cosφ/tgφ	P _p , кВт	Q _p , кВар
1	2	3	4	5	6	7
Потребители электроэнергии 0,38 кВ:						
2	Магистральная насосная	50	0,73	0,89 / 0,5	36,5	18,25
3	Котельная	50	0,55	0,8 / 0,75	27,5	20,63
4	Административно-бытовой корпус	50	0,45	0,75 / 0,88	22,5	19,8
5	Гараж	100	0,25	0,7 / 1,02	25	25,5
	Итого по 0,38 кВ:	250			111,5	84,18
Потребители электроэнергии 6-10 кВ:						
2	Магистральная насосная	20000	0,75	0,9 / 0,48 опережающий	15000	-7200
	Итого по 6-10 кВ:	20000			15000	-7200

Расчётную мощность предприятия в целом находим, как

$P_{p.общ} = (P_{p.HH} + P_{p.BH}) \cdot K_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{л}$, где $P_{p.HH}$, $P_{p.BH}$ — суммарная расчётная мощность нагрузки до и выше 1000 В, $K_{p.m}$ — коэффициент одновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, примем 0,92, $\Delta P_{тр}$, $\Delta P_{л}$ — потери в трансформаторах и высоковольтной сети.

$$Q_{p.общ} = (Q_{p.HH} + Q_{p.BH}) \cdot K_{p.m} + \Delta Q_{тр}, S_{p.общ} = \sqrt{P_{p.общ}^2 + Q_{p.общ}^2}$$

Примем

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_{p.HH} = 0,02 \cdot 177,2 = 3,54 \text{ кВт} \quad \Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_{p.HH} = 0,03 \cdot 177,2 = 5,32 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_{p.HH} = 0,1 \cdot 177,2 = 17,72 \text{ кВар}$$

$$P_{p.общ} = (108,05 + 15000) \cdot 0,92 + 44,77 + 3,54 + 5,32 = 13953 \text{ кВт}$$

$$Q_{p.общ} = (89,72 - 7200) \cdot 0,92 + 17,72 = -6523,7 \text{ кВар}$$

$$S_{p.общ} = \sqrt{13953^2 + 6523,7^2} = 15402,8 \text{ кВа}$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются

$$\Delta P_{\text{трГПП}} = 0,02 \cdot S_{p.\text{общ}} = 0,02 \cdot 15402,8 = 308 \text{ кВт} \\ \Delta Q_{\text{трГПП}} = 0,1 \cdot S_{p.\text{общ}} = 0,1 \cdot 15402,8 = 1540,3 \text{ кВар}$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется как

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{(P_{p.\text{общ}} + \Delta P_{\text{трГПП}})^2 + (Q_{p.\text{общ}} + \Delta Q_{\text{трГПП}})^2},$$

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{(13953 + 308)^2 + (-6523,7 + 1540,3)^2} = 15106,7 \text{ кВа}$$

3.2 Построение картограммы нагрузок

Масштаб $m = 20 \text{ мм}^2/\text{кВа}$ (нагрузка до 1000 В), $m = 0,1 \text{ мм}^2/\text{кВа}$ (нагрузка выше 1000 В)

Таблица 3. Расчёт картограммы нагрузок.

№ по ген. плану	S_p , кВа	$P_{p.o.}$, кВт	R, мм	α , град	X, м	Y, м	$S_p \cdot X$, кВа·м	$S_p \cdot Y$, кВа·м
Потребители 0,38 кВ								
2	47,95	7,84	17,47	58,86	35	65	1678,25	3116,75
3	40,03	6,8	15,96	61,15	120	20	4803,6	800,6
4	39,36	11,52	15,83	105,37	120	70	4723,2	2755,2
5	45,93	13,2	17,1	103,46	180	40	8267,4	1837,2
Центр нагрузок 0,38 кВ					112,38	49,11		
Потребители 10 кВ								
2	16638,51		23,01		35	65	582347,85	1081503,15
Итого	16811,78						601820,3	1090012,9
Центр нагрузок					35,8	64,84		

3.3 Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции 10/0,4 кВ

Поскольку предприятие относится к 1 категории по надёжности электроснабжения, количество трансформаторов примем равным 2.

Номинальная мощность трансформатора находим из условия $S_{\text{тр.н}} \geq \frac{P_{p.\text{нн}} + P_{p.o.}}{\beta \cdot N_{\text{тр}}}$, где $P_{p.\text{нн}}$ — расчётная мощность потребителей до 1000 В, $P_{p.o.}$ -

осветительная нагрузка, $N_{\text{тр}}$ — количество трансформаторов, β — коэффициент загрузки трансформаторов. Примем $\beta = 0,7$.

$$S_{\text{тр.н}} \geq \frac{108,05 + 44,77}{0,7 \cdot 2} = 109,2 \text{ кВа.} \quad \text{Выбираем} \quad \text{комплектную}$$

двухтрансформаторную подстанцию 2КТП-160/10/0,4 с трансформаторами ТСЛ-160/10/0,4.

$$\text{Потери в трансформаторе: } \Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_{\text{тр}} + Q \cdot x_{\text{тр}})}{U_{\text{ном}}^2} \cdot 100$$

$r_{\text{тр}} = 10,35 \text{ Ом}$, $x_{\text{тр}} = 26,15 \text{ Ом}$ активное и реактивное сопротивление одного трансформатора; P , Q — активная и реактивная мощность.

$$\Delta U_{\%} = \frac{(108,05 \cdot 10^3 \cdot 10,35 : 2 + 44,77 \cdot 10^3 \cdot 26,15 : 2)}{(10 \cdot 10^3)^2} \cdot 100 = 0,11 \%$$

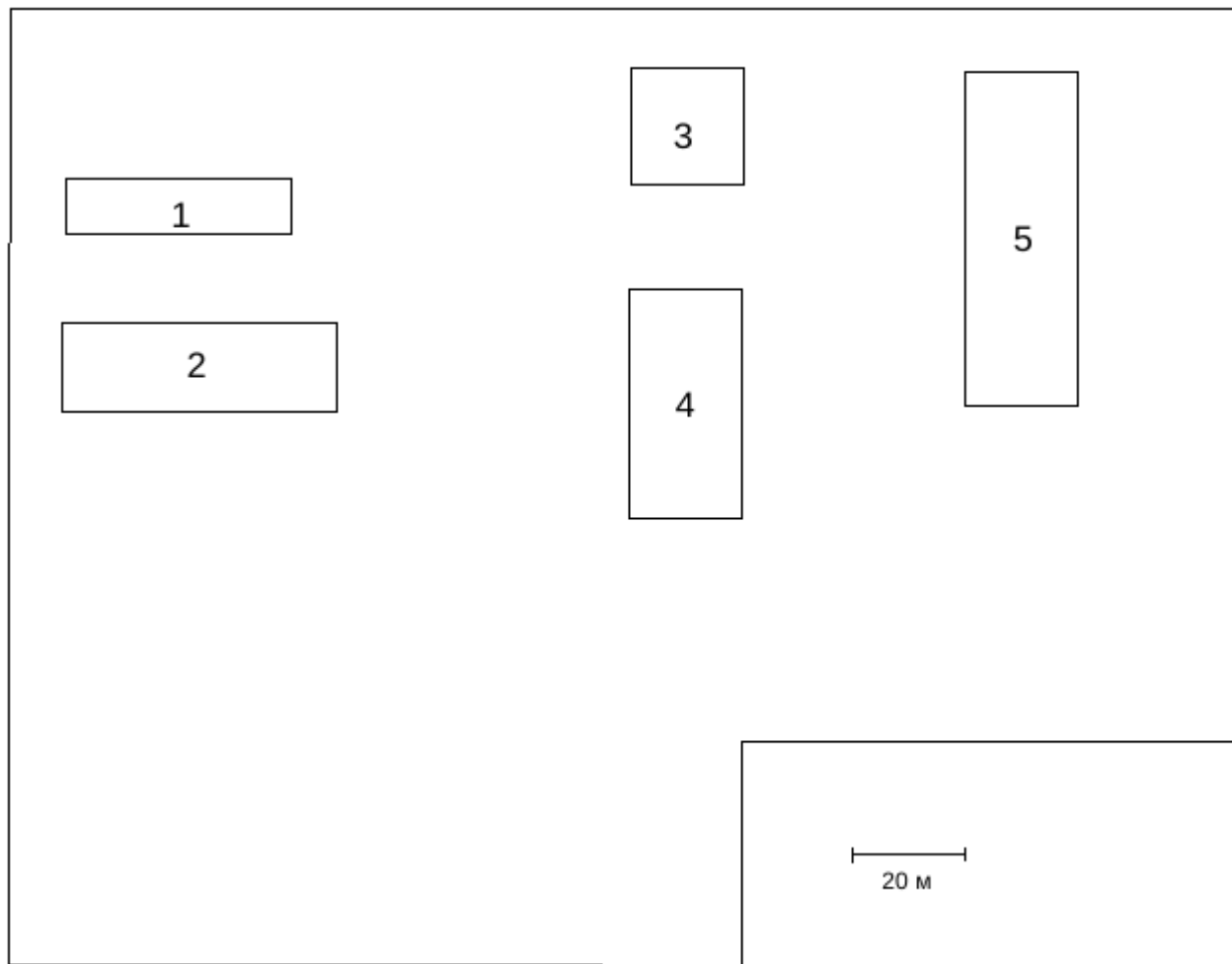


Рисунок 1. Генплан предприятия.

Таблица 2. Расчетные осветительные нагрузки.

№ по ген. плану	Наименование потребителей	Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		F, м ²	Руд.о, Вт/м ²	Рн.о, кВт	Кс.о.	Рро ,кВт	Рр + Рро, кВт	Qр,кВар	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потребители электроэнергии 0,38 кВ:									
2	Магистральная насосная	750	11	8,25	0,95	7,84	44,34	18,25	47,95
3	Котельная	400	17	6,8	1	6,8	34,3	20,63	40,03
4	Административно-бытовой корпус	800	16	12,8	0,9	11,52	34,02	19,8	39,36
5	Гараж	1200	11	13,2	1	13,2	38,2	25,5	45,93
	Территория предприятия	33800	0,16	5,41	1	5,41	5,41		
	Итого по 0,38 кВ:			46,46		44,77	156,27	84,18	177,5
Потребители электроэнергии 6-10 кВ:									
	Магистральная насосная						15000	-7200	13159,03
	Итого по 6-10 кВ:						15000	-7200	13159,03

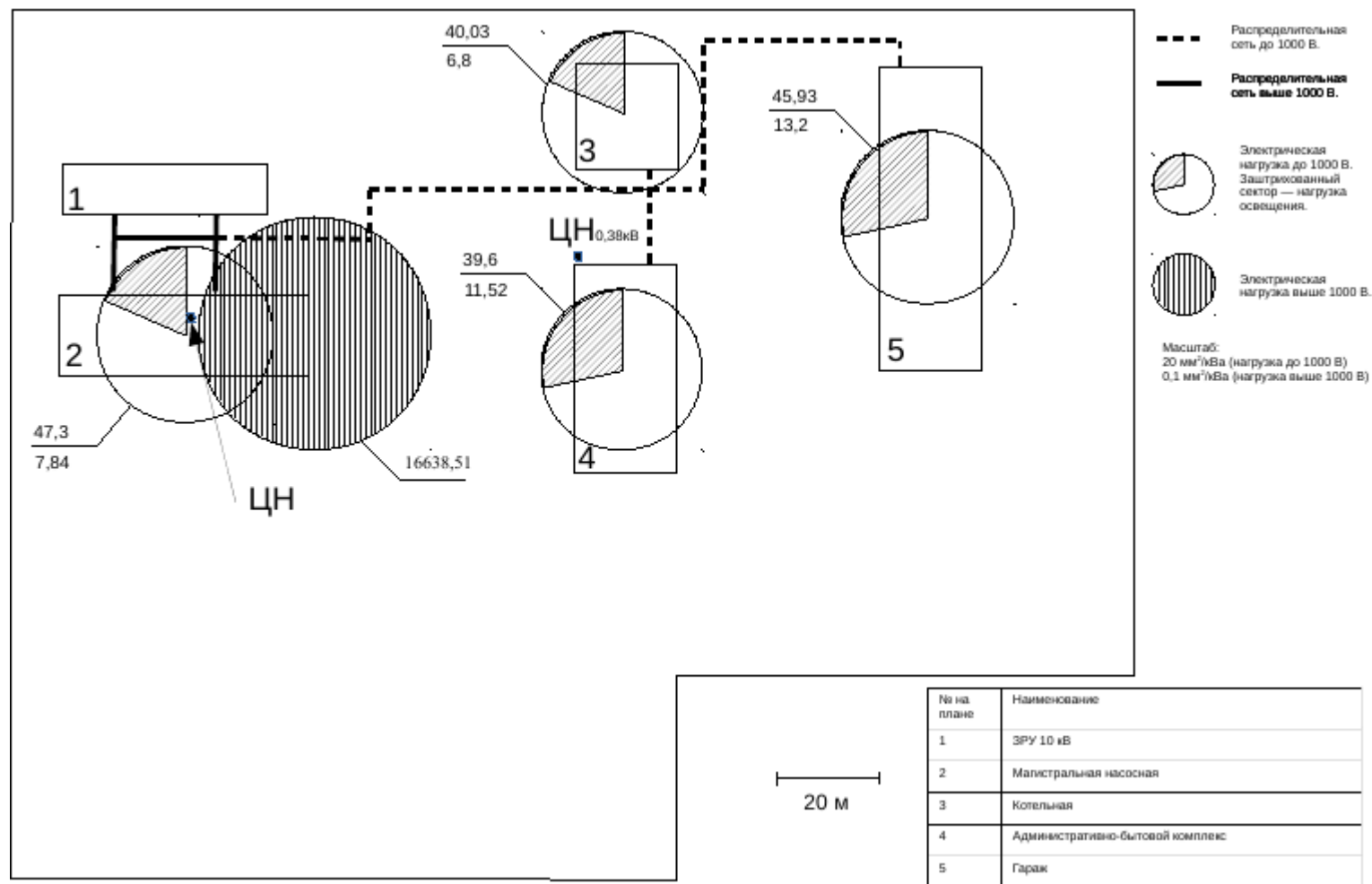


Рисунок 2. Генплан предприятия с циклограммой нагрузок.

3.4 Внешнее электроснабжение

Внешнее электроснабжение осуществляется от разных секций шин подстанции 110/10 кВ по двухцепной воздушной линии. По рекомендациям в [5] выбор мощности трансформаторов на ПС при НПС следует производить с учетом обеспечения ими полной производительности и нормальных оперативных переключений технологических агрегатов в режиме длительного отключения одного трансформатора, поэтому мощность трансформаторов выбираем, исходя из коэффициента загрузки $\beta=0,5$ (100% резервирование).

$$S_{\text{трГПП.н}} \geq \frac{P_{\text{р.НН}} + P_{\text{р.о}}}{\beta \cdot N_{\text{тр}}} S_{\text{трГПП.н}} \geq \frac{15106,7}{0,5 \cdot 2} = 15106,7 \text{ кВа}$$

Выбираем трансформатор ТДН-16000/110 ($u_{\text{к}} = 6\%$, $P_{\text{кз}} = 2,35 \text{ кВт}$).

4 Схема электроснабжения

НПС относится к первой категории надежности электроснабжения и имеет два независимых источника питания. Электроснабжение осуществляется по одной двухцепной воздушной линии 10 кВ от разных секций шин подстанции 110/10 кВ, получающей электроэнергию от энергосистемы.

Схема электроснабжения приведена на рисунке 3 .

4.1 Расчёт внутризаводской сети 10 кВ

В данном разделе выполним расчёт воздушных и кабельных линий 10 кВ, результаты сведём в таблицу 4.

Исходя из времени срабатывания защиты (менее 1 с) проверка на термическую стойкость не производится, т.к. токи КЗ менее допустимых токов односекундного КЗ согласно ГОСТ 18410-73.

4.1.1 Расчёт ВЛ 10 кВ от ПС 110/10 до ЗРУ

Сечение провода ВЛ рассчитаем по критерию экономической плотности тока:

$F = \frac{I_{расч}}{J_{эк}}$, где F — требуемое сечение провода, $I_{расч}$ — расчётный ток, $J_{эк}$ — коэффициент, выбираемый в соответствии с [6, табл.1.3.36].

Расчётные токи найдём по формуле $I_{расч} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n_{ц}}$,

где $n_{ц}$ — количество цепей, S_{max} — передаваемая мощность, $U_{ном}$ — номинальное напряжение.

$$I_{расч} = \frac{S_{рГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n_{ц}} = \frac{15106,7}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 436,1A$$

$$F = \frac{I_{расч}}{J_{эк}} = \frac{436,1}{1} = 436,1 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод АС-500/26

Проверяем на соответствие критериям:

а) По критерию механической прочности

Согласно [1, табл.2.5.5], по условиям механической прочности для данного типа линий сечение сталеалюминиевого провода не должно быть меньше, чем 70/11.

б) По условию ограничения потерь на корону

Проверке подлежат ВЛ напряжением 35 кВ и выше [6].

в) По условию нагрева допустимым длительным током:

АС-500/26 - $I_{\max} < I_{\text{доп}}$, для выбранного провода $I_{\text{доп}} = 960 \text{ А}$ [5, табл.3.15]

Примем $I_{\max} = 2 \cdot I_{\text{расч}} = 872,2 \text{ А}$ — меньше допустимого.

г) По допустимой потере напряжения (не более 5%):

Потери в линии составят $\Delta U = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{\text{ном}}}$, в процентах - $\Delta U_{\%} =$

$$\frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{\text{ном}}^2} \cdot 100$$

$r_0 = 0,058 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$ — удельное активное и реактивное сопротивление, $L = 0,4 \text{ км}$ — длина линии, P , Q — активная и реактивная мощность.

$$\Delta U_{\%} = \frac{(14261 \cdot 10^3 \cdot 0,058 - 4983 \cdot 10^3 \cdot 0,075) \cdot 0,4}{(10 \cdot 10^3)^2} \cdot 100 = 0,08 \text{ \%}$$
 в допустимых

пределах.

4.1.2 Расчёт КЛ от ЗРУ-10 до КТП

Номинальный ток трансформатора КТП находим, как $I_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 10} = 9,24 \text{ А}$

Выбираем сечение кабеля по критерию экономической плотности тока [6, табл.1.3.36]

$$F = \frac{I_{\text{ном}}}{J_{\text{эк}}} = \frac{9,24}{1,2} = 7,7 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель ААБл-10 3х16 (кабель силовой с алюминиевой оболочкой, бронированный, с бумажной пропитанной изоляцией, с алюминиевыми жилами, сечение 1 жилы 16 мм^2)

$r_0 = 1,7 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$

Проверяем по допустимой потере напряжения (не более 5%):

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{\text{ном}}^2} \cdot 100 = \frac{(152,82 \cdot 1,7 + 89,72 \cdot 0,095) \cdot 0,04}{10^2} \cdot 100 = 0,008 \text{ \%}$$
 в

допустимых пределах.

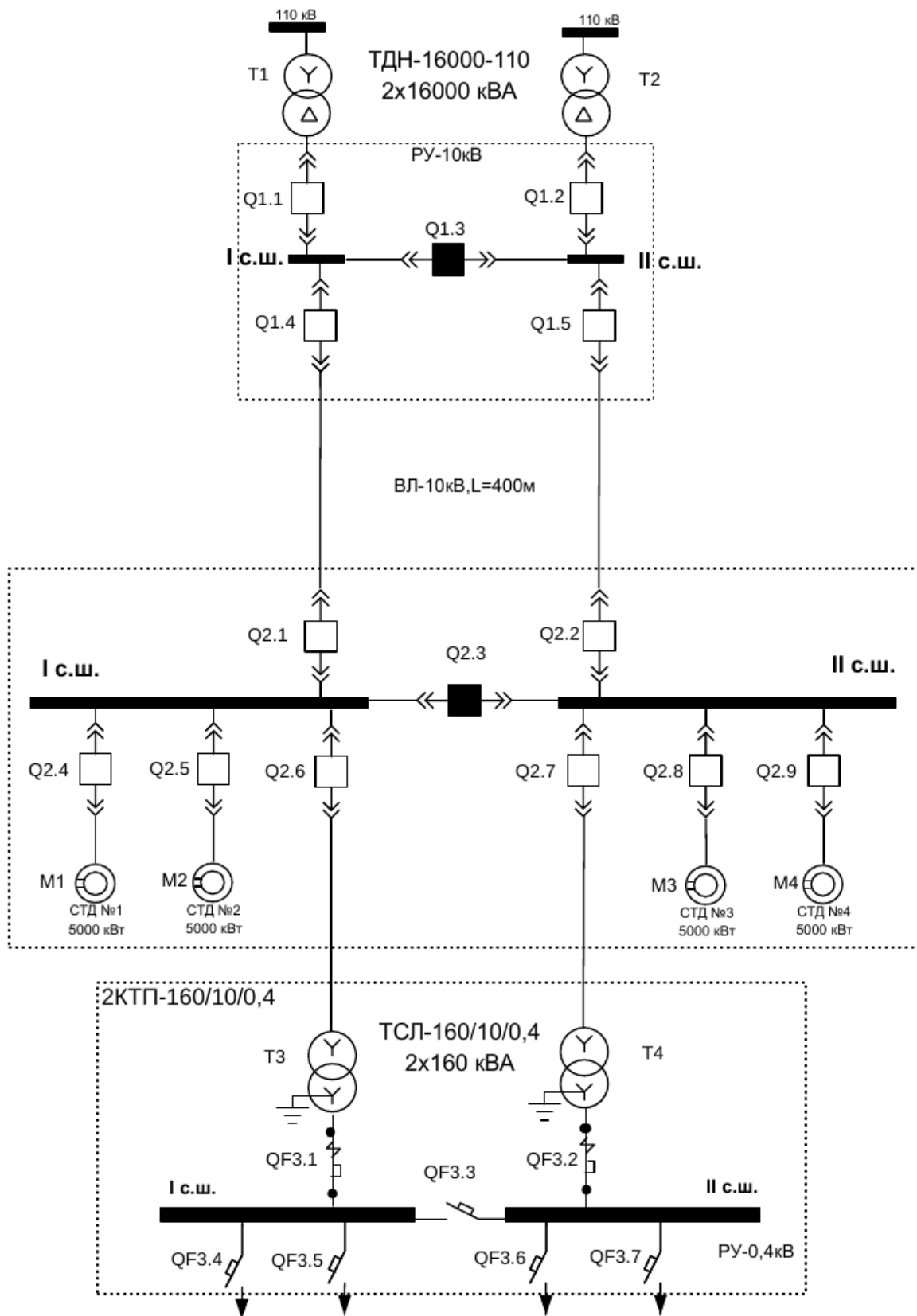


Рисунок 3. Схема электроснабжения НПС.

4.1.3 Расчёт КЛ питания синхронных двигателей

Выбираем сечение кабеля по критерию экономической плотности тока [6, табл.1.3.36]

$F = \frac{I_{ном}}{J_{эк}}$. Номинальный ток электродвигателя находим, как $I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi_{дв} \cdot \eta_{дв}}$, где $P_{ном}$, $U_{ном}$ — номинальная мощность и напряжение двигателя; $\cos \phi_{дв}$, $\eta_{дв}$ — коэффициент мощности и КПД двигателя (каталожные данные).

$$S_{дв.ном} = \frac{P_{ном}}{\cos \phi_{дв} \cdot \eta_{дв}} = \frac{5000 \text{ кВт}}{0,9 \cdot 0,975} = 5698 \text{ кВА}$$

$$I_{ном} = \frac{5000 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ} \cdot 0,9 \cdot 0,975} = 329,4 \text{ А}, F = \frac{329,4 \text{ А}}{2 \text{ А/мм}^2} = 164,7 \text{ мм}^2$$

Исходя из условий прокладки и минимизации сечения кабеля выбираем кабель СБ2ЛГ-10 3х240 (кабель силовой со свинцовой оболочкой, бронированный, с бумажной пропитанной изоляцией, с медными жилами, не поддерживает горение, сечение 1 жилы 240 мм²) исходя из условий

$$r_0 = 0,098 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,08 \text{ Ом/км}$$

Допустимый длительный ток 500 А

Проверяем по допустимой потере напряжения (не более 5%):

Потребляемая мощность: $P = \frac{P_{ном}}{\eta} = \frac{5000}{0,975} = 5128 \text{ кВт},$

$$Q = \frac{-P_{ном} \cdot \text{tg}(\arccos(\cos \phi))}{\eta} = \frac{-5000 \cdot 0,48}{0,975} = -2483 \text{ кВар}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{ном}^2} \cdot 100 = \frac{(5128 \cdot 0,098 - 2483 \cdot 0,08) \cdot 10^3 \cdot 0,05}{(10 \cdot 10^3)^2} \cdot 100 = 0,015 \% \quad \text{в}$$

допустимых пределах.

Таблица 4. Выбор сечений воздушных и кабельных линий сети 10 кВ.

№ п/п	Номер линии	Назначение линии	Кол-во линий	Расчётная нагрузка на 1 кабель, А		Длины линии, км	Способ прокладки	Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева	Допустимая нагрузка на 1 кабель, А *		Примечание
				В нормальном режиме	В аварийном режиме				В нормальном режиме	В аварийном режиме	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Л1	ПС 110/10 — 1 ввод ЗРУ	1	436,1	872,2	0,4	Бетонные опоры	АС-500/26	960	1248	
2	Л2	ПС 110/10 — 2 ввод ЗРУ	1	436,1	872,2	0,4	Бетонные опоры	АС-500/26	960	1248	
3	Л3	ЗРУ — 1 ввод КТП	1	9,24	18,48	0,04	На эстакаде	ААБл-10 3x16	46	59,8	
4	Л4	ЗРУ — 2 ввод КТП	1	9,24	18,48	0,04	На эстакаде	ААБл-10 3x16	46	59,8	
5	Л5	ЗРУ — STD №1	1	329,4	329,4	0,05	На эстакаде + в трубе в полу	СБ2лГ-10 3x240	500	650	Вне помещения прокладка по эстакаде, внутри — канал в полу.
6	Л6	ЗРУ — STD №2	1	329,4	329,4	0,05	На эстакаде + в трубе в полу	СБ2лГ-10 3x240	500	650	
7	Л7	ЗРУ — STD №3	1	329,4	329,4	0,05	На эстакаде + в трубе в полу	СБ2лГ-10 3x240	500	650	
8	Л8	ЗРУ — STD №4	1	329,4	329,4	0,05	На эстакаде + в трубе в полу	СБ2лГ-10 3x240	500	650	

* Допустимый ток согласно [6].

4.2 Расчёт токов КЗ

Для расчёта токов КЗ примем наиболее тяжёлые условия: секционные выключатели включены, трансформаторы работают параллельно. Расчёт ведём в относительных единицах. $S_6 = 100$ МВА, $U_{61} = 115$ кВ, $U_{62} = 10,5$ кВ, $U_{63} = 0,4$ кВ.

Схема замещения для расчёта токов КЗ приведена на рисунке 4.

Активное сопротивление трансформатора находим как:

$$R_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}^2} \cdot 10^6 \text{ мОм}$$

Реактивное сопротивление трансформатора находим как:

$$X_{\text{тр}} = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{P_{\text{кз}} \cdot 100}{S_{\text{н}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}} \cdot 10^4 \text{ мОм},$$

где U_k — напряжение КЗ трансформатора, %, $P_{\text{кз}}$ — мощность КЗ, кВА, $S_{\text{н}}$ — номинальная мощность трансформатора, кВА, $U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение, кВ.

Сопротивление в относительных единицах

$$X_{\text{мп}^*} = X_{\text{мп}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \quad R_{\text{мп}^*} = R_{\text{мп}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2}$$

$$R_{\text{тр}1} = R_{\text{тр}2} = \frac{85 \cdot 10,5^2}{16000^2} \cdot 10^6 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 36,6 \text{ мОм} = 0,0366 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{мп}1^*} = R_{\text{мп}2^*} = 0,0366 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,033 \text{ о. е.}$$

$$R_{\text{тр}3} = R_{\text{тр}4} = \frac{2,35 \cdot 0,4^2}{160^2} \cdot 10^6 = 14,7 \text{ мОм} = 0,0147 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{мп}3^*} = R_{\text{мп}4^*} = 0,0147 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 9,188 \text{ о. е.}$$

$$X_{mp1*} = X_{mp2*} = \sqrt{10,5^2 - \left(\frac{85 \cdot 100}{16000}\right)^2} \cdot \frac{10,5^2}{16000} \cdot 10^4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,656 \text{ о.е.}$$

$$X_{mp3} = X_{mp4} = \sqrt{0,4^2 - \left(\frac{2,35 \cdot 100}{160}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^4 = 58 \text{ мОм} = 0,058 \text{ Ом}$$

$$X_{mp3*} = X_{mp4*} = \sqrt{0,4^2 - \left(\frac{2,35 \cdot 100}{160}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^4 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 36,25 \text{ о.е.}$$

Активное сопротивление воздушной/кабельной линии: $r_{л*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2}$.

Реактивное сопротивление воздушной/кабельной линии: $x_{л*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2}$.

r_0, x_0 — удельное активное и реактивное сопротивление провода, Ом/км, l — длина линии, км.

Л1, Л2

$$r_0 = 0,058 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$$

$$r_{л1*} = r_{л2*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = 0,058 \cdot 0,4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0210 \text{ о.е.}$$

$$x_{л1*} = x_{л2*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = 0,075 \cdot 0,4 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0272 \text{ о.е.}$$

Л5 — Л8:

$$r_0 = 0,098 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,08 \text{ Ом/км}$$

$$r_{л5*} = r_{л6*} = r_{л7*} = r_{л8*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = 0,098 \cdot 0,05 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0044 \text{ о.е.}$$

$$x_{л5*} = x_{л6*} = x_{л7*} = x_{л8*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = 0,08 \cdot 0,05 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0036 \text{ о.е.}$$

$$I_{\delta 1} = I_{\delta 2} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{(3)} \cdot U_{\delta 2}} = \frac{100}{\sqrt{(3)} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{\delta 3} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{(3)} \cdot U_{\delta 3}} = \frac{100}{\sqrt{(3)} \cdot 0,4} = 144,34 \text{ кА}$$

4.2.1 Расчёт токов КЗ на шинах РУ подстанции

Сопротивление линии до точки КЗ:

$$x_{\Sigma^*} = \frac{X_{mp1^*}}{2} = \frac{0,656}{2} = 0,328 \text{ о.е.}$$

$$Z_{\Sigma^*} = x_{\Sigma^*} = 0,328 \text{ о.е.}$$

$$\text{Периодическая составляющая: } I_{n1}^{(3)} = \frac{I_{\delta 1}}{Z_{\Sigma^*}} = \frac{5,5}{0,328} = 16,77 \text{ кА}$$

$$\text{Ударный ток: } I_{y\delta 1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{n1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 16,77 = 42,56 \text{ кА}$$

Подпитка тока КЗ от СД

Выполняем расчёт согласно методике, изложенной в [8].

Периодическая составляющая тока КЗ: $I_{n.\delta\delta 1} = \frac{E^{*''}}{x_{\text{двиг}^*} + Z_{\text{внеш}^*}} \cdot I_{\delta 1}$, где $E^{*''}$ - сверхпереходная ЭДС, $x_{\text{двиг}^*}$ и $x_{\text{внеш}^*}$ - сверхпереходное сопротивление двигателя и сопротивление цепи до точки КЗ, приведённые к базисным, $I_{\delta 1}$ — базисный ток, $I_{\text{ном}}$ — номинальный ток двигателя.

Согласно [7, табл.5.2] примем $E^{*''} = 1,1$.

Сверхпереходное сопротивление $x_{d^{*''}} = \frac{I_{\text{ном}}}{K_n \cdot I_{\text{ном}}} = \frac{1}{K_n} = \frac{1}{5,7} = 0,175 \text{ о.е.}$, где K_n — кратность пускового тока.

Приводим к базисным условиям:

$$x_{\text{двиг}^*} = \frac{I_{\delta 1}}{I_{\text{ном}}} \cdot x_{d^{*''}} = \frac{5500}{329} \cdot 0,175 = 2,93 \text{ о.е.}$$

$$Z_{внеш*} = \sqrt{\left(\frac{r_{л1*}}{2} + r_{л5*}\right)^2 + \left(\frac{x_{л1*}}{2} + x_{л5*}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{0,021}{2} + 0,0044\right)^2 + \left(\frac{0,0272}{2} + 0,0036\right)^2} = 0,023 \text{ о.е.}$$

Получаем $I_{н.дв1} = \frac{E^{*''}}{x_{двиг*} + Z_{внеш*}} \cdot I_{б1} = \frac{1,1}{2,93 + 0,023} \cdot 5500 = 2,05 \text{ кА}$

Ударный коэффициент $K_{уд} = 1,85$, следовательно, ударный ток

$$I_{уд.дв1} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{н.дв1} = 1,41 \cdot 1,85 \cdot 2050 = 5,35 \text{ кА}$$

Суммарные токи КЗ на шинах: $I_{н1\Sigma}^{(3)} = I_{н1}^{(3)} + 4 \cdot I_{н.дв1} = 16,77 + 4 \cdot 2,05 = 24,97 \text{ кА}$

Ударный ток: $I_{уд1\Sigma}^{(3)} = I_{уд1}^{(3)} + 4 \cdot I_{уд.дв1} = 42,56 + 4 \cdot 5,35 = 63,96 \text{ кА}$

4.2.2 Расчёт токов КЗ на шинах ЗРУ 10 кВ

Сопротивление линии до точки КЗ:

Максимальный режим:

$$x_{\Sigma*} = \frac{X_{мп1*}}{2} + \frac{x_{л1*}}{2} = \frac{0,656}{2} + \frac{0,0272}{2} = 0,3416 \text{ о.е.}$$

$$r_{\Sigma*} = \frac{r_{л1*}}{2} = \frac{0,0210}{2} = 0,0105 \text{ о.е.}$$

$$Z_{\Sigma*} = \sqrt{r_{\Sigma*}^2 + x_{\Sigma*}^2} = \sqrt{0,0105^2 + 0,3416^2} = 0,3418 \text{ о.е.}$$

Периодическая составляющая: $I_{н1}^{(3)} = \frac{I_{б1}}{Z_{\Sigma*}} = \frac{5,5}{0,3418} = 16,09 \text{ кА}$

Ударный ток: $I_{уд1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{н1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 16,09 = 40,84 \text{ кА}$

Минимальный режим:

$$x_{\Sigma*} = X_{мп1*} + x_{л1*} = 0,656 + 0,0272 = 0,6832 \text{ о.е.}$$

$$r_{\Sigma*} = r_{л1*} = 0,0210 \text{ о.е.}$$

$$Z_{\Sigma^*} = \sqrt{r_{\Sigma^*}^2 + x_{\Sigma^*}^2} = \sqrt{0,0210^2 + 0,6832^2} = 0,6835 \text{ о.е.}$$

$$\text{Периодическая составляющая: } I_{n1}^{(3)} = \frac{I_{\delta 1}}{Z_{\Sigma^*}} = \frac{5,5}{0,6835} = 8,047 \text{ кА}$$

$$\text{Ударный ток: } I_{y\delta 1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{n1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 16,09 = 20,42 \text{ кА}$$

Подпитка тока КЗ от СД

Выполняем расчёт согласно методике, изложенной в [8].

Периодическая составляющая тока КЗ: $I_{n.\delta\delta 1} = \frac{E^{*''}}{x_{d^{*''}}} \cdot I_{ном}$, где $E^{*''}$ - сверхпереходная ЭДС, $x_{d^{*''}}$ - сверхпереходное сопротивление двигателя, $I_{ном}$ — номинальный ток двигателя. Сопротивление кабельной линии не учитываем, т. к. длина менее 300 м.

Согласно [7, табл.5.2] примем $E^{*''} = 1,1$.

Сверхпереходное сопротивление $x_{d^{*''}} = \frac{I_{ном}}{K_n \cdot I_{ном}} = \frac{1}{K_n} = \frac{1}{5,7} = 0,175 \text{ о.е.}$, где K_n — кратность пускового тока.

$$\text{Получаем } I_{n.\delta\delta 1} = E^{*''} \cdot K_n \cdot I_{ном} = 1,1 \cdot 5,7 \cdot 329 = 2,06 \text{ кА}$$

Ударный коэффициент $k_{y\delta} = 1,85$, следовательно, ударный ток

$$I_{y\delta.\delta\delta 1} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{n.\delta\delta 1} = 1,41 \cdot 1,85 \cdot 2060 = 5,37 \text{ кА}$$

Максимальный режим:

$$\text{Суммарные токи КЗ на шинах: } I_{n1\Sigma}^{(3)} = I_{n1}^{(3)} + 4 \cdot I_{n.\delta\delta 1} = 16,09 + 4 \cdot 2,06 = 24,33 \text{ кА}$$

$$\text{Ударный ток: } I_{y\delta 1\Sigma}^{(3)} = I_{y\delta 1}^{(3)} + 4 \cdot I_{y\delta.\delta\delta 1} = 40,84 + 4 \cdot 5,37 = 62,32 \text{ кА}$$

Минимальный режим:

$$\text{Суммарные токи КЗ на шинах: } I_{n1\Sigma}^{(3)} = I_{n1}^{(3)} + 4 \cdot I_{n.\delta\delta 1} = 8,047 + 4 \cdot 2,06 = 16,287 \text{ кА}$$

Ударный ток: $I_{y\partial 1\Sigma}^{(3)} = I_{y\partial 1}^{(3)} + 4 \cdot I_{y\partial.\partial\delta 1} = 20,42 + 4 \cdot 5,37 = 41,9 \text{ кА}$

4.2.3 Расчёт токов КЗ на вводах СД

$$x_{\Sigma^*} = \frac{X_{mp1^*}}{2} + \frac{x_{л1^*}}{2} + x_{л5^*} = \frac{0,656}{2} + \frac{0,0272}{2} + 0,0036 = 0,3452 \text{ о.е.}$$

$$r_{\Sigma^*} = \frac{r_{л1^*}}{2} + r_{л5^*} = \frac{0,0210}{2} + 0,0044 = 0,0149 \text{ о.е.}$$

$$Z_{\Sigma^*} = \sqrt{r_{\Sigma^*}^2 + x_{\Sigma^*}^2} = \sqrt{0,0149^2 + 0,3452^2} = 0,3455 \text{ о.е.}$$

Периодическая составляющая тока КЗ: $I_{n2}^{(3)} = \frac{I_{\delta 1}}{Z_{\Sigma^*}} = \frac{5,5}{0,3455} = 15,92 \text{ кА}$

Ударный ток: $I_{y\partial 2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{n2}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 15,92 = 40,4 \text{ кА}$

Для учёта подпитки тока КЗ от СД используем значения токов, рассчитанные в п.3.2.2.

Максимальный режим:

Суммарные токи КЗ: $I_{n1\Sigma}^{(3)} = I_{n1}^{(3)} + 3 \cdot I_{n.\partial\delta 1} = 16,09 + 3 \cdot 2,06 = 22,27 \text{ кА}$

Ударный ток: $I_{y\partial 1\Sigma}^{(3)} = I_{y\partial 1}^{(3)} + 3 \cdot I_{y\partial.\partial\delta 1} = 40,84 + 3 \cdot 5,37 = 56,95 \text{ кА}$

Минимальный режим:

Суммарные токи КЗ: $I_{n1\Sigma}^{(3)} = I_{n1}^{(3)} + 3 \cdot I_{n.\partial\delta 1} = 8,047 + 3 \cdot 2,06 = 14,227 \text{ кА}$

Ударный ток: $I_{y\partial 1\Sigma}^{(3)} = I_{y\partial 1}^{(3)} + 3 \cdot I_{y\partial.\partial\delta 1} = 20,42 + 3 \cdot 5,37 = 36,53 \text{ кА}$

4.2.4 Расчёт токов КЗ на шинах 0,4 кВ КТП

Сопротивление линии до точки КЗ:

Л1, Л2

$r_0 = 0,058 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$

$$r_{л1^*} = r_{л2^*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 3}^2} = 0,058 \cdot 0,4 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 14,5 \text{ о.е.}$$

$$x_{л1*} = x_{л2*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 0,075 \cdot 0,4 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 18,75 \text{ о.е.}$$

Л3, Л4

$$r_0 = 1,7 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$$

$$r_{л3*} = r_{л4*} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 1,7 \cdot 0,04 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 42,5 \text{ о.е.}$$

$$x_{л3*} = x_{л4*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 0,095 \cdot 0,04 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 2,375 \text{ о.е.}$$

Максимальный режим:

$$x_{\Sigma*} = \frac{X_{mp1*}}{2} + \frac{x_{л1*}}{2} + \frac{x_{л3*}}{2} + \frac{X_{mp3*}}{2} = \frac{0,656 + 18,75 + 2,375 + 36,25}{2} = 29,02 \text{ о.е.}$$

$$r_{\Sigma*} = \frac{r_{л1*}}{2} + \frac{r_{л3*}}{2} + \frac{r_{mp3*}}{2} = \frac{14,5}{2} + \frac{42,5}{2} + \frac{9,188}{2} = 30,09 \text{ о.е.}$$

$$Z_{\Sigma*} = \sqrt{r_{\Sigma*}^2 + x_{\Sigma*}^2} = \sqrt{30,09^2 + 29,02^2} = 41,81 \text{ о.е.}$$

$$\text{Периодическая составляющая: } I_{n3}^{(3)} = \frac{I_{\bar{\sigma}1}}{Z_{\Sigma*}} = \frac{144,34}{41,81} = 3,45 \text{ кА}$$

$$\text{Ударный ток: } I_{y\partial 3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{n3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 3,45 = 8,76 \text{ кА}$$

Минимальный режим:

$$x_{\Sigma*} = X_{mp1*} + x_{л1*} + x_{л3*} + X_{mp3*} = 0,656 + 18,75 + 2,375 + 36,25 = 58,04 \text{ о.е.}$$

$$r_{\Sigma*} = r_{л1*} + r_{л3*} + r_{mp3*} = 14,5 + 42,5 + 9,188 = 60,18 \text{ о.е.}$$

$$Z_{\Sigma*} = \sqrt{r_{\Sigma*}^2 + x_{\Sigma*}^2} = \sqrt{60,18^2 + 58,04^2} = 83,608 \text{ о.е.}$$

$$\text{Периодическая составляющая: } I_{n3}^{(3)} = \frac{I_{\bar{\sigma}1}}{Z_{\Sigma*}} = \frac{144,34}{83,608} = 1,726 \text{ кА}$$

$$\text{Ударный ток: } I_{y\partial 3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{n3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 1,726 = 4,38 \text{ кА}$$

Таблица 5. Расчётные токи КЗ

№ п/п	Место КЗ	Периодическая составляющая, $I_{п}^{(3)}$, кА	Ударный ток, $I_{уд}^{(3)}$, кА
1	Точка К ₁	24,97	63,96
2	Точка К ₂	24,33	62,32
3	Точка К ₃	22,27	56,95
4	Точка К ₄	3,45	8,76

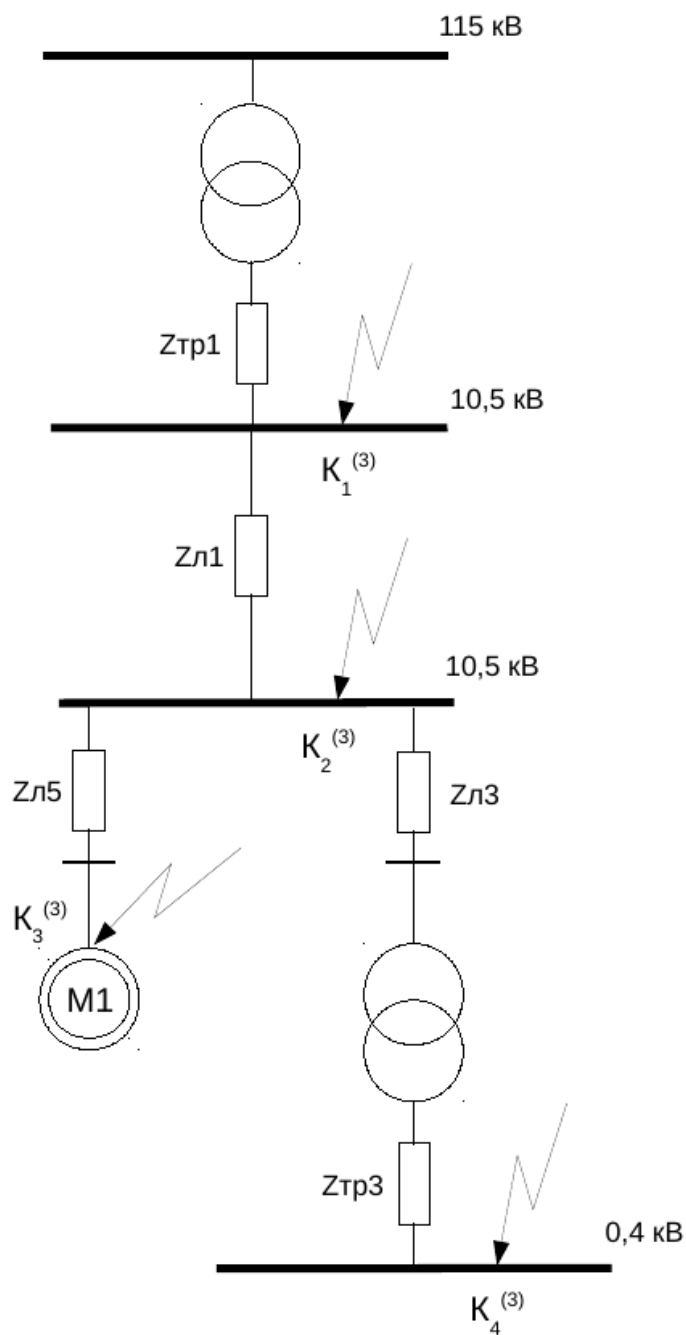


Рисунок 4. Схема замещения для расчёта токов КЗ.

4.3 Выбор КРУ

Для установки в ЗРУ-10 кВ принимаем комплектное распределительное устройство КРУ-ИЭ-10 со следующими параметрами:

- Номинальный ток сборных шин — 4000 А;
- Номинальный ток отключения силового выключателя — 40 кА;
- Ток термической стойкости — 40 кА / 3 сек;
- Ток электродинамической стойкости — 102 кА.

Данное КРУ удовлетворяет условиям термической и электродинамической стойкости к токам КЗ, а также соответствует по отключающей способности выключателя. Реализована защита минимального напряжения и автоматический ввод резерва при пропадании питания на одной из секций шин.

4.4 Расчёт уставок защиты

4.4.1 Защита отходящих линий до КТП

Согласно ПУЭ, предусматриваем токовую отсечку и максимальную токовую защиту.

Расчёт уставки токовой отсечки

Защита действует на отключение без выдержки времени.

Ток срабатывания отсечки

$$I_{TO} = K_z \cdot I_{n3 min}^{(3)} = 1,1 \cdot 1726 = 1898,6 \text{ А}$$

K_z – коэффициент запаса, для цифровых реле равен 1,1.

Трансформатор тока ТЛМ-10, коэффициент трансформации 400/5.

Вторичный ток составит $\frac{1898,6}{80} = 23,73 \text{ А}$ - соответствует диапазону уставок терминала (0,065 — 65 А).

Расчёт уставки максимальной токовой защиты

Защита действует на отключение с выдержкой времени 0,8с для обеспечения селективности.

Отстройку срабатывания защиты выполняем от удвоенного номинального тока линии ($I_{ном} = 9,24$ А) для учёта возможности резервирования.

$$I_{МТЗ} = \frac{K_n \cdot K_{сзп}}{K_B} \cdot 2 \cdot I_{ном} = \frac{1,1 \cdot 1,8}{0,95} \cdot 2 \cdot 9,24 = 38,5 \text{ А, где } k_n - \text{ коэффициент,}$$

надежности; $k_{сзп}$ — коэффициент самозапуска (1,8 для обобщённой нагрузки);

k_B — коэффициент возврата.

Принимаем ток срабатывания $I_{МТЗ} = 40$ А.

Трансформатор тока ТЛМ-10, коэффициент трансформации 400/5.

Вторичный ток составит $\frac{40}{80} = 0,5$ А - соответствует диапазону уставок терминала (0,065 — 65 А).

4.4.2 Защита синхронных двигателей

Согласно ПУЭ, для синхронных двигателей мощностью более 2 МВт должны быть предусмотрены следующие виды защит:

- Защита от междуфазных замыканий (токовая отсечка и продольная дифференциальная токовая защита);
- Защита от однофазных замыканий на землю;
- Защита от потери питания;
- Защита от асинхронного режима.

Защиту выполним с использованием терминалов микропроцессорной релейной защиты БМРЗ-УЗД. Расчёт уставок защит выполним по методике, изложенной в [9].

Расчёт уставок для максимальной токовой защиты

Защита действует на отключение без выдержки времени.

1. Найдём максимальный бросок пускового тока

$I_{\text{бр}} = k_a \cdot k_n \cdot I_{\text{ном}} = 1,8 \cdot 5,7 \cdot 329 = 3375 \text{ А}$, где k_a - коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую пускового тока; k_n — кратность пускового тока.

Выбираем ток срабатывания $I_{\text{МТЗ}} = 3400 \text{ А}$

Трансформатор тока ТЛМ-10, коэффициент трансформации 400/5.

Вторичный ток составит $\frac{3400}{80} = 42,5 \text{ А}$ - соответствует диапазону уставок терминала (0,065 — 65 А).

2. Проверяем чувствительность.

Найдём ток двухфазного КЗ на зажимах двигателя

$$I_{\text{КЗ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{(3)}}{2} \cdot I_{\text{КЗ}}^{(3)} = 0,866 \cdot 15,92 = 13,79 \text{ кА}$$

$$k_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{КЗ}}^{(2)}}{I_{\text{ТО}}} = \frac{13790}{3400} = 4,06 > 2 - \text{соответствует.}$$

Расчёт уставок для дифференциальной токовой защиты с торможением:

Защита действует на отключение без выдержки времени.

Выбираем вариант дифференциальной защиты с током срабатывания больше номинального тока защищаемого электродвигателя, т.к. он обеспечивает правильную работу защиты при обрыве и неисправности токовых цепей или при неисправности одного из трансформаторов тока дифференциальной защиты электродвигателя.

1. Выбираем ток срабатывания ДЗТ $I_{\text{ДЗТ}} = 1,2 \cdot I_{\text{ном}} = 1,2 \cdot 329 = 395 \text{ А}$, $I_{\text{ном}}$ — номинальный ток двигателя (п.3.1.3).

Трансформатор тока ТЛМ-10, коэффициент трансформации 400/5.

Вторичный ток составит $\frac{395}{80} = 4,94$ А - соответствует диапазону уставок терминала (0,1 — 10 А).

2. Рассчитаем коэффициент торможения (наклон тормозной характеристики).

$$k_{\text{торм}} = \frac{I_{\text{ДЗТ}}}{I_{\text{торм}}} = k_n \cdot (k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \epsilon + 2 \cdot f + \delta), \text{ где}$$

k_n – коэффициент надежности, рекомендуется принимать равным 1,2, чтобы учесть возможное отличие характеристик ТТ от расчетных в худшую сторону;

$k_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий переходный режим ТТ, принимают равным 2,5 – 3,5 (в большинстве случаев рекомендуется принимать 2,5);

$k_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности ТТ, образующих дифференциальную схему, для дифзащиты двигателей, как правило, $k_{\text{одн}} = 1$ вследствие разности длин проводников вторичных токовых цепей);

ϵ – погрешность ТТ при наибольшем токе внешнего КЗ, принимается равной 0,1;

f – аппаратная погрешность терминала, принимается для каждого токового входа равной 0,025;

δ – технологический запас, обусловленный наличием дополнительной погрешности измерения тока терминалом, принимается равным 0,025.

$$\begin{aligned} k_{\text{торм}} &= \frac{I_{\text{ДЗТ}}}{I_{\text{торм}}} = k_n \cdot (k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \epsilon + 2 \cdot f + \delta) \\ &= 1,2 \cdot (2,5 \cdot 1 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,025 + 0,025) = 0,39 \end{aligned}$$

3. Проверяем чувствительность.

Найдём ток двухфазного КЗ на зажимах двигателя

$$I_{кз}^{(2)} = \frac{\sqrt{(3)}}{2} \cdot I_{кз}^{(3)} = 0,866 \cdot 15,92 = 13,79 \text{ кА}$$

$$k_q^{(2)} = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{ТО}} = \frac{13790}{395} = 34,9 > 2 - \text{соответствует.}$$

Расчёт защиты от ОЗЗ

При расчёте защиты от ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью настройка тока срабатывания защиты выполняется отстройкой от собственного емкостного тока защищаемого присоединения. Защита работает на отключение без выдержки времени.

$$I_{с.з.} = k_n \cdot \frac{k_{бр}}{k_b} \cdot (I_{с.дв} + I_{с.кл}),$$

где k_b – коэффициент возврата (принимается равным 1, т.к. защита работает безвыдержки времени), k_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,2; $I_{с.дв}$ – емкостной ток СД, $I_{с.кл}$ – емкостной ток кабельной линии, соединяющий электродвигатель с ячейкой КРУ, $k_{бр}$ – коэффициент, учитывающий бросок емкостного тока в момент возникновения ОЗЗ принимается равным 2,5.

Ёмкостной ток СД найдём, как

$$I_{с.дв} = 2\pi \cdot f \cdot C_{ф.дв} \cdot \sqrt{3} U_{н.дв},$$

где f – частота сети (50 Гц), $C_{ф.дв}$ – ёмкость фазы двигателя (0,085 мкФ [9, Таблица 3.1]), $U_{н.дв}$ – номинальное напряжение питания СД.

$$I_{с.дв} = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,085 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{3} \cdot 10000 = 0,462 \text{ А.}$$

Ёмкостной ток КЛ найдём, как

$$I_{с.кл} = I_{с.кл.уд} \cdot l,$$

где $I_{с.кл.уд}$ – удельный емкостной ток КЛ (примем равным 1,7 А/км, [9, Таблица 3.2]).

$$I_{C.кл} = 1,7 \cdot 0,05 = 0,085 \text{ A}$$

Ток срабатывания защиты

$$I_{C.з.} = 1,2 \cdot \frac{2,5}{1} \cdot (0,462 + 0,085) = 1,641 \text{ A}$$

Определим коэффициент чувствительности защиты

$$k_{ч}^{(1)} = \frac{I_{C.общ}}{I_{C.з.}},$$

где $I_{C.общ}$ - суммарное значение емкостного тока всех присоединений к одноимённой секции шин КРУ при ОЗЗ (без учета емкостного тока защищаемого присоединения).

$$I_{C.общ} = I_{C.дв} + I_{C.кл} + I_{C.кл.ЛЗ}$$

$$I_{C.кл.ЛЗ} = I_{C.кл.ЛЗ.уд} \cdot l = 0,55 \cdot 0,04 = 0,022 \text{ A}$$

$$I_{C.общ} = 0,462 + 0,085 + 0,022 = 0,569 \text{ A}$$

Поскольку ток срабатывания защиты больше суммарного емкостного тока, применим направленную токовую защиту от ОЗЗ.

Для обеспечения $k_{ч} = 1,5$ ток срабатывания защиты должен быть равен

$$I_{C.з.} < \frac{I_{C.общ}}{1,5} = \frac{0,569}{1,5} = 0,37 \text{ A}$$

Применяем ТТНП типа ТЗЛМ, $k_{тр} = 1/25$.

Уставка защиты равна

$$\frac{I_{C.з.}}{25} = \frac{0,37}{25} = 0,015 \text{ A} - \text{соответствует диапазону уставок терминала (0,005 — 5 A)}.$$

Расчёт защиты от асинхронных режимов

Алгоритм действия защиты основан на анализе вектора сопротивления прямой последовательности, рассчитываемого из значений фазных токов и линейных напряжений. При потере возбуждения сопротивление СД может изменяться в пределах от $(0,3-0,5) x_d'' (Z_1)$ до $(1,1-1,4) x_d (Z_2)$, где x_d'' – сверхпереходное сопротивление СД, Ом, x_d – индуктивное сопротивление прямой последовательности СД, Ом. Согласно паспортным данным, $x_d'' = 13,6\%$, $x_d = 193,6\%$.

$$x_d'' = \frac{x_d'' (\%) }{100} * \frac{U_{ДВ.НОМ}^2}{S_{ДВ.НОМ}} = \frac{13,6}{100} * \frac{(10000)^2}{5698000} = 2,39 \text{ Ом}$$

$$x_d = \frac{x_d (\%) }{100} * \frac{U_{ДВ.НОМ}^2}{S_{ДВ.НОМ}} = \frac{193,6}{100} * \frac{(10000)^2}{5698000} = 33,98 \text{ Ом}$$

Уставки защиты:

$Z_1=0,3x_d'' = 0,72 \text{ Ом}$, $Z_2=1,3x_d = 44,2 \text{ Ом}$, задержка срабатывания 2 с.

Результаты расчётов представлены в таблице 6.

4.5 Расчёт внутривозвратской сети 0,38 кВ

Выбираем сечение кабеля по критерию экономической плотности тока [6, табл.1.3.36]

$$F = \frac{I_{НОМ}}{J_{ЭК}}$$

Номинальный ток находим, как $I_{НОМ} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$

1) АБК. $P_{уст} = 50 \text{ кВт}$

$$I_{НОМ} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{50 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ}} = 76,06 \text{ А} = \frac{I_{НОМ}}{J_{ЭК}} = \frac{76,06}{1,2} = 63,3 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель АСБ-1 4х95 (кабель силовой со свинцовой оболочкой, бронированный, с бумажной пропитанной изоляцией, с алюминиевыми жилами, сечение 1 жилы 95 мм²).

$$r_0 = 0,326 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,0602 \text{ Ом/км}$$

Допустимый длительный ток 170 А

Проверяем по допустимой потере напряжения (не более 5%):

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{ном}^2} \cdot 100 = \frac{(34,02 \cdot 0,326 + 19,8 \cdot 0,0602) \cdot 0,1}{0,38^2} \cdot 100 = 0,85 \% \quad \text{В}$$

допустимых пределах

2) Котельная. $P_{уст} = 50$ кВт

$$I_{ном} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{50 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ}} = 76,06 \text{ А} = \frac{I_{ном}}{J_{ЭК}} = \frac{76,06}{1,2} = 63,3 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель АСБ-1 4х95

$r_0 = 0,326$ Ом/км; $x_0 = 0,0602$ Ом/км

Допустимый длительный ток 170 А

Проверяем по допустимой потере напряжения (не более 5%):

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{ном}^2} \cdot 100 = \frac{(34,3 \cdot 0,326 + 20,63 \cdot 0,0602) \cdot 0,13}{0,38^2} \cdot 100 = 1,12 \% \quad \text{В}$$

допустимых пределах

3) Гараж. $P_{уст} = 100$ кВт

$$I_{ном} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{100 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ}} = 152,12 \text{ А} = \frac{I_{ном}}{J_{ЭК}} = \frac{152,12}{1,2} = 126,8 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель АСБ-1 4х120

(кабель силовой со свинцовой оболочкой, бронированный, с бумажной пропитанной изоляцией, с алюминиевыми жилами, сечение 1 жилы 120 мм^2).

$r_0 = 0,261$ Ом/км; $x_0 = 0,077$ Ом/км

Допустимый длительный ток 200 А

Проверяем по допустимой потере напряжения (не более 5%):

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{ном}^2} \cdot 100 = \frac{(38,2 \cdot 0,261 + 25,5 \cdot 0,077) \cdot 0,18}{0,38^2} \cdot 100 = 1,5 \% \quad \text{в}$$

допустимых пределах

2) Насосная. $P_{уст} = 50 \text{ кВт}$

$$I_{ном} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{50 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ}} = 76,06 \text{ А} = \frac{I_{ном}}{J_{эк}} = \frac{76,06}{1,2} = 63,3 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель АСБ-1 4х95 (кабель силовой со свинцовой оболочкой, бронированный, с бумажной пропитанной изоляцией, с алюминиевыми жилами, сечение 1 жилы 95 мм²).

$$r_0 = 0,326 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,0602 \text{ Ом/км}$$

Допустимый длительный ток 170 А

Проверяем по допустимой потере напряжения (не более 5%):

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{ном}^2} \cdot 100 = \frac{(40,89 \cdot 0,326 + 23,79 \cdot 0,0602) \cdot 0,05}{0,38^2} \cdot 100 = 0,5 \% \quad \text{в}$$

допустимых пределах.

4.6 Расчёт электроснабжения магистральной насосной

Определяем расчётную нагрузку до 1000 В:

Расчёт производим по методике, описанной в [1].

Перечень электроприёмников приведен в таблице 7.

Таблица 7. Перечень электроприёмников.

№ п/п	Наименование	Кол-во	Рном, кВт	cos φ	Примечание
Электроприёмники 0,4 кВ					
1	Электродвигатели привода масляных насосов	2	5,5	0,8	ВАО-51-6-В4Г, кратность пускового тока 5,5
2	Электродвигатели привода вентиляторов	4			

3	Электродвигатели привода вентиляторов охлаждения масла	2	3	0,81	АИМ100S4У2, кратность пускового тока 5,3 КПД=84%
4	Электродвигатели привода вентиляторов	2	2,2	0,87	4АМ80В2, кратность пускового тока 6,5 КПД=83%
Электроприёмники 10 кВ					
5	Электродвигатели привода магистральных насосных агрегатов	4	5000	0,9 опережающий	СТД 5000 2РУХЛ4, кратность пускового тока 5,7 КПД=97,5%

1. Эффективное число электроприёмников(ЭП) для группы, $n_э$:

$$n_э = \frac{[\sum P_{ном,i}]^2}{\sum P_{ном,i}^2}, \text{ где } P_{ном,i} \text{ — номинальная мощность каждого из ЭП в группе;}$$

2. Средняя загрузка за максимально загруженную смену, $P_{см}$:

для отдельного ЭП

активная

$$P_{см,i} = K_{и,i} \cdot P_{ном,i}, \text{ где } K_{и,i} \text{ — коэффициент использования активной}$$

мощности ЭП;

$$\text{реактивная } Q_{см,i} = K_{и,i} \cdot P_{ном,i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$$

для группы в целом

активная

$$P_{см} = \sum P_{см,i}$$

реактивная

$$Q_{см} = \sum Q_{см,i}, \text{ т. к. } K_{и} > 0,6$$

3. Максимальная нагрузка группы:

активная

Для ЭП с практически постоянным графиком нагрузки ($K_{и} > 0,6$) расчетная активная нагрузка принимается равной средней мощности за наиболее загруженную смену:

$$P_m = P_{см}$$

реактивная

$$Q_m = Q_{см}$$

4.6.1 Шкаф распределительный 1ШР

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I_{п0} = \frac{U_{срНН}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}}, \text{ где}$$

$U_{срНН}$ – среднее номинальное напряжение сети,

$r_{1\Sigma}$, $x_{1\Sigma}$ - активное и реактивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ.

Сопротивление цепи КЗ:

$$r_{1\Sigma} = r_T + r_{кв} + r_k + r_{кл} = 0,015 + 2 \cdot 0,00215 + 2 \cdot 0,000027 + 4 \cdot 0,00075 + 0,0163 = 0,0387 \text{ Ом, где}$$

r_T – сопротивление обмоток трансформатора,

$r_{кв}$ – сопротивление обмоток и контактов автоматических выключателей,

r_k – сопротивление контактных соединений,

$r_{кл}$ – сопротивление кабельной линии.

$$x_{1\Sigma} = x_T + x_{кв} + x_{кл} = 0,058 + 2 \cdot 0,0012 + 0,003 = 0,0634 \text{ Ом, где}$$

x_T – реактивное сопротивление обмоток трансформатора,

$x_{кв}$ – реактивное сопротивление обмоток автоматических выключателей,

$x_{кл}$ – реактивное сопротивление кабельной линии.

$$I_{п0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0387^2 + 0,0634^2}} = 3113 \text{ А}$$

4.6.2 Шкаф распределительный 2ШР

$$n_3 = 3,68$$

$$\text{Расчётный ток } I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{P_m^2 + Q_m^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{11,6^2 + 7,7^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 21,18 \text{ А}$$

Пиковый ток

$$I_{\Pi} = I_{\Pi.\text{макс}} + (I_p - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{н.макс}}) = 5,5 \cdot 10,45 + (21,18 - 0,7 \cdot 10,45) = 71,34 \text{ А, где}$$

$I_{\Pi.\text{макс}}$, $I_{\text{н.макс}}$, $K_{\text{и}}$ – соответственно наибольший из пусковых токов двигателей в группе; его номинальный ток и коэффициент использования.

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I''_{\text{п0}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r''_{1\Sigma}{}^2 + x''_{1\Sigma}{}^2}}, \text{ где}$$

$U_{\text{срНН}}$ – среднее номинальное напряжение сети,

$r''_{1\Sigma}$, $x''_{1\Sigma}$ – активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ.

$$r''_{1\Sigma} = r_{1\Sigma} + r_{\text{кв}} + r_{\text{к}} + r_{\text{кл}} = 0,0387 + 0,00215 + 0,000027 \cdot 2 + 0,00075 \cdot 2 + 0,0288 = 0,0712 \text{ Ом}$$

$$x''_{1\Sigma} = x_{1\Sigma} + x_{\text{кв}} + x_{\text{кл}} = 0,0634 + 0,0012 + 0,0134 = 0,078 \text{ Ом}$$

$$I''_{\text{п0}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0712^2 + 0,078^2}} = 2189 \text{ А}$$

4.6.3 Шкаф распределительный 3ШР

$$n_3 = 5,33$$

$$\text{Расчётный ток } I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{P_m^2 + Q_m^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{23,31^2 + 12,87^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 40,5 \text{ А}$$

Пиковый ток

$$I_{\Pi} = I_{\Pi.\text{макс}} + (I_p - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{н.макс}}) = 5,5 \cdot 10,45 + (40,5 - 0,65 \cdot 10,45) = 91,18 \text{ А, где}$$

$I_{\Pi.\text{макс}}$, $I_{\text{н.макс}}$, $K_{\text{и}}$ – соответственно наибольший из пусковых токов двигателей в группе; его номинальный ток и коэффициент использования.

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I'''_{п0} = \frac{U_{срНН}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r'''_{1\Sigma}{}^2 + x'''_{1\Sigma}{}^2}}, \text{ где}$$

$U_{срНН}$ – среднее номинальное напряжение сети,

$r'''_{1\Sigma}$, $x'''_{1\Sigma}$ - активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ.

$$r'''_{1\Sigma} = r_{1\Sigma} + r_{кв} + r_k + r_{кл} = 0,0712 + 0,00215 + 0,000027 \cdot 2 + 0,00075 \cdot 2 + 0,019 = 0,0939 \text{ Ом}$$

$$x'''_{1\Sigma} = x_{1\Sigma} + x_{кв} + x_{кл} = 0,078 + 0,0012 + 0,014 = 0,0932 \text{ Ом}$$

$$I'''_{п0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,0558^2 + 0,5694^2}} = 1748 \text{ А}$$

4.6.4 Нагрузка выше 1000 В

$$n_3 = 4$$

$$\text{Расчётный ток } I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{P_m^2 + Q_m^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{14000^2 + 7392^2}}{\sqrt{3} \cdot 10} = 914,07 \text{ А}$$

Пиковый ток

$$I_{п} = I_{п.макс} + (I_p - K_{и} \cdot I_{н.макс}) = 5,7 \cdot 320,75 + (914,07 - 0,7 \cdot 320,75) = 2517,82 \text{ А}$$

4.6.5 Осветительная нагрузка

$P_{с.о.} = K_{с.о.} \cdot P_{уд.о} \cdot F$, где $K_{с.о.}$ - коэффициент спроса ([3], табл.1.10), $P_{уд.о.}$ - удельная плотность осветительной нагрузки, ([3], табл.1.11), F — площадь цеха.
 $P_{с.о.} = K_{с.о.} \cdot P_{уд.о} \cdot F = 0,95 \cdot 11 \cdot 750 = 7837,5 \text{ Вт} = 7,84 \text{ кВт}$

Результаты расчётов сведём в таблицу 8.

4.6.6 Выбор автоматических выключателей

Для защиты цепей, питающих электроприёмники, применим автоматические выключатели

серии ВА88.

Рассчитаем уставки теплового и электромагнитного расцепителей.

- уставка теплового расцепителя $I_{уст.тепл} \geq 1,25 \cdot I_{ном}$;
- уставка эм-расцепителя $I_{уст.эм} \geq 1,2 \cdot I_{пуск}$;

Номинальный ток электродвигателя находим, как $I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{дв} \cdot \eta_{дв}}$,

где $P_{ном}$, $U_{ном}$ — номинальная мощность и напряжение двигателя; $\cos \varphi_{дв}$, $\eta_{дв}$ — коэффициент мощности и КПД двигателя.

Пусковой ток $I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{ном}$, где $k_{п}$ — кратность пускового тока. Данные, необходимые для расчёта, взяты из технической документации на двигатель.

1) ВАО-51-6-В4Г

$$I_{ном} = \frac{5,5 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ} \cdot 0,79 \cdot 0,86} = 12,3 \text{ А} \quad I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{ном} = 5,5 \cdot 12,3 = 67,65 \text{ А}$$

2) АИМ100S4У2

$$I_{ном} = \frac{3 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ} \cdot 0,81 \cdot 0,84} = 6,7 \text{ А} \quad I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{ном} = 5,3 \cdot 6,7 = 35,51 \text{ А}$$

3) 4АМ80В2

$$I_{ном} = \frac{2,2 \text{ кВт}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \text{ кВ} \cdot 0,87 \cdot 0,83} = 4,63 \text{ А} \quad I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{ном} = 6,5 \cdot 4,63 = 30,095 \text{ А}$$

Результаты расчёта уставок автоматических выключателей сведём в таблицу (Таблица 9). Карта селективности защит показана на рисунке 7.

4.6.7 Выбор сечения кабелей

Т.к. помещение относится к категории В-1, выбираем способ прокладки силовой сети:

- между распределительными шкафами -бронированным кабелем в металлических коробах. Марка кабеля — АВБбШвнг (кабель силовой с оболочкой из ПВХ, бронированный, с изоляцией из ПВХ, с алюминиевыми жилами, не поддерживает горение);

- от распределительных шкафов к электроприёмникам - бронированным кабелем в канале вполу. Согласно п.2.1.49 ПУЭ выбираем кабель с медными жилами. Марка кабеля — ВБбШвнг (кабель силовой с оболочкой из ПВХ, бронированный, с изоляцией из ПВХ, с медными жилами, не поддерживает горение);

Прокладочный коэффициент, исходя из температуры окружающей среды 25 С и допустимой температуры нагрева кабеля 70С, $K_{\text{прокл}} = 1$;

Коэффициент защиты для автоматических выключателей — $K_3 = 1,25$;

Условия для выбора сечения кабеля:

- по нагреву при длительном протекании тока нагрузки $I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прокл}}} = I_{\text{ном}}$;
- по защите от токов перегрузки $I_{\text{доп}} \geq \frac{I_3 \cdot k_3}{k_{\text{прокл}}} = I_3 \cdot k_3$;

Согласно рассчитанным допустимым токам выбираем сечение кабеля (табл.1.3.6, табл.1.3.7 ПУЭ), результаты сведём в Таблицу 8.

Таблица 8. Расчет электрических нагрузок цеха

№	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП, n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%, кВт		$m = P_{ном\ max} / P_{ном\ min}$	Коэффициент использования, $K_{н}$	cos φ/tg φ	Средняя нагрузка за макс загруженную смену		Эффективное число ЭП, n _э	Коэффициент максимума, K_m	Максимальная нагрузка			$I_m / I_{пик}$ А	
			$P_{ном\ одного\ ЭП}$	$P_{ном\ общая}$				$P_{см},\ кВт$	$Q_{см},\ кВАр$			$P_m,\ кВт$	$Q_m,\ кВАр$	$S_m,\ кВА$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
<i>Нагрузка до 1000 В</i>																
Шкаф распределительный 2ШР																
<i>Электроприёмники группы Б</i>																
1	Маслонасосы	2	5,5	1		0,7	0,85 / 0,62	7,7	4,77							
2	Вентиляторы охлаждения	2	3	6		0,65	0,8 / 0,75	3,9	2,93							
	Итого по группе Б (итого 2ШР)	4	- 5,5	3	1	1,83	0,68		11,6	7,7	3,68		11,6	7,7	13,92	21,18 / 71,34
Шкаф распределительный 3ШР																
<i>Электроприёмники группы Б</i>																
3	Вентиляторы	4	5,5	2		0,65	0,8 / 0,75	14,3	10,73							
4	Вентиляторы	2	2,2	4		0,65	0,8 / 0,75	2,86	2,15							
	Итого по группе Б (итого 3ШР)	6	2,2- 5,5	2	2	2,5	0,65		17,16	12,87	5,33	1,3	22,31	12,87	25,75	40,5 / 91,18
Шкаф распределительный 1ШР																

5	2ШР	4		7	1	1,83	0,68		11,6	7,7	3,68		11,6	7,7	13,92	21,18 / 71,34
6	3ШР	6		6,4	2	2,5	0,65		17,16	12,87	5,33	1,3	22,31	12,87	25,75	40,5 / 91,18
	Итого 1 ШР	10		3,4	4				28,76	20,57			33,91	20,57	39,68	61,68 / 162,52
7	Электрическое освещение			25	8,		$K_c = 0,95$		7,84				7,84			
	Итого по цеху			1,65	5			0,89 / 0,5	25	12,87			41,75	20,57	46,54	71,88 / 122,04
<i>Нагрузка выше 1000 В</i>																
<i>Электроприёмники группы Б</i>																
8	Насосный агрегат	4	000	5	2		0,7	0,9 / 0,48	14000	-6720	4		14000	-6720	12281,76	
	Итого по группе Б (итого по цеху)	4	000	5	2	1	0,7	0,9 / 0,48	14000	-6720	4		14000	-6720	12281,76	914,07 / 2517,82

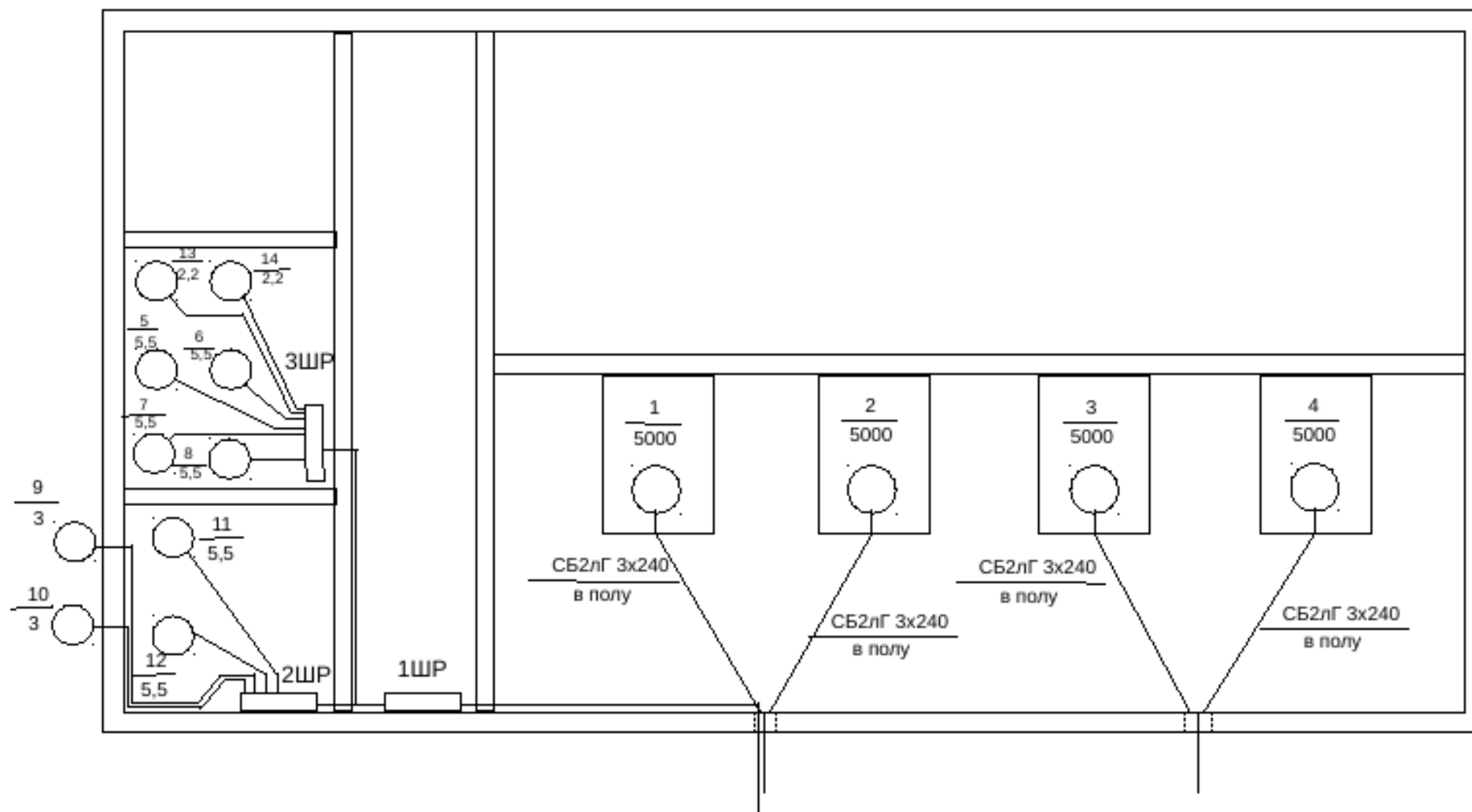


Рисунок 5. Схема силовой сети.

Таблица 9.Сводная таблица уставок срабатывания автоматических выключателей и сечений питающих кабелей

Защищаемая цепь	I _{расч} (I _{ном}),А	I _{пик} (I _{пуск}),А	Обозначение на схеме	Модель выключателя	I _{уст.тепл} ,А	I _{уст.эм} , А	Допустимые токи для кабеля, не менее		Требуемое сечение кабеля, мм ² , не менее	Допустимый ток для выбранного сечения, А	Марка кабеля	Длина, км
							По нагреву расчётным током, А	По защите от перегрузки, А				
1ШР - 2ШР	21,18	71,34	QF1.1	ABB Tmax XT2 160	64	320	21,28	80	35	90	АВБбШвнг 4х35	0,01
1ШР - 3ШР	40,5	91,18	QF1.2	ABB Tmax XT2 160	64	320	40,5	80	35	90	АВБбШвнг 4х35	0,02
2ШР - М9	6,7	35,51	QF2.1	ВА51-35М1	16	125	6,7	20	2,5	19	ВБбШв 4х2,5	0,015
2ШР - М10	6,7	35,51	QF2.2	ВА51-35М1	16	125	6,7	20	2,5	19	ВБбШв 4х2,5	0,01
2ШР - М11	12,3	67,65	QF2.3	ВА51-35М1	16	125	12,3	20	2,5	25	ВБбШв 4х2,5	0,01
2ШР - М12	12,3	67,65	QF2.4	ВА51-35М1	16	125	12,3	20	2,5	25	ВБбШв 4х2,5	0,005
3ШР - М5	12,3	67,65	QF3.1	ВА51-35М1	16	125	12,3	20	2,5	25	ВБбШв 4х2,5	0,01
3ШР - М6	12,3	67,65	QF3.2	ВА51-35М1	16	125	12,3	20	2,5	25	ВБбШв 4х2,5	0,005
3ШР - М7	12,3	67,65	QF3.3	ВА51-35М1	16	125	12,3	20	2,5	25	ВБбШв 4х2,5	0,01
3ШР - М8	12,3	67,65	QF3.4	ВА51-35М1	16	125	12,3	20	2,5	25	ВБбШв4х2,5	0,005

3ШР - М13	4,63	30,1	QF3.5	BA51-35M1	16	125	4,63	20	2,5	25	ВБ6ШВ 4x2,5	0,01
2ШР - М14	4,63	30,1	QF3.6	BA51-35M1	16	125	4,63	20	2,5	25	ВБ6ШВ 4x2,5	0,005

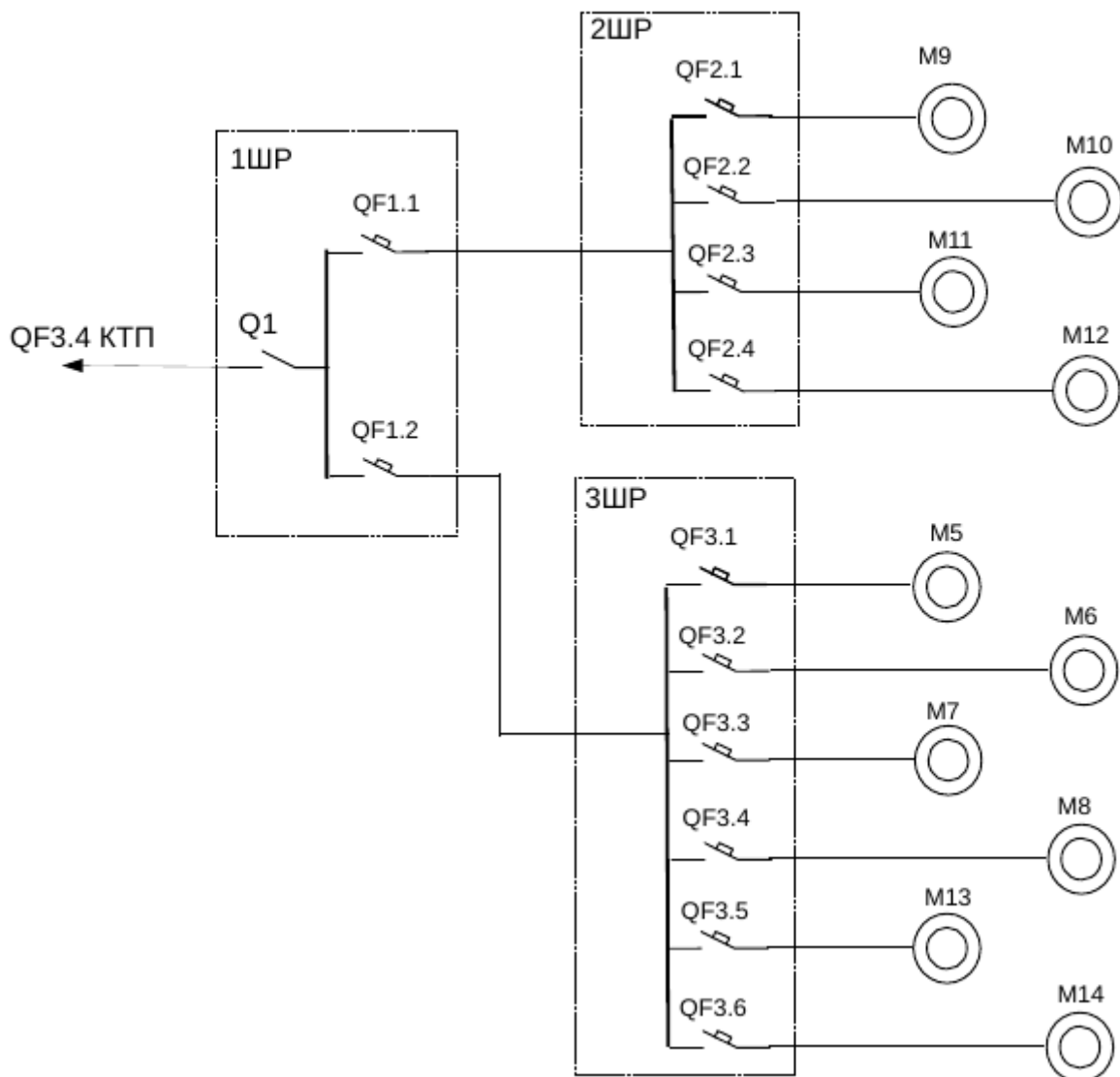


Рисунок 6. Схема электроснабжения насосной.

4.6.8 Расчёт падений напряжений

Расчёт падений напряжения на участках цепи выполняем по формуле $\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{I_{\text{ном}}^2} \cdot 100$, результаты расчёта для максимального, минимального и послеаварийного режимов сведём в таблицу 10. Эпюры падений приведены на рисунке 8.

Ниже приведён пример расчёта:

Падение на участке 1ШР — 3ШР:

Кабель АВБбШВнг 4х35

$r_0 = 0,95 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,07 \text{ Ом/км}$

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot 100 = \frac{(17,16 \cdot 0,95 + 12,87 \cdot 0,07) \cdot 0,02}{0,38^2} \cdot 100 \\ = 0,24 \%$$

Падение на участке 3ШР — М13:

Кабель ВБбШВнг 4х2,5

$r_0 = 13,35 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,11 \text{ Ом/км}$

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot L}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot 100 = \frac{(2,2 \cdot 13,35 + 1,25 \cdot 0,11) \cdot 0,01}{0,38^2} \cdot 100 = 0,2 \%$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ на вводах электродвигателя:

$$I''''_{\text{п0}} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r''''_{1\Sigma}^2 + x''''_{1\Sigma}^2}}, \text{ где}$$

$U_{\text{срНН}}$ – среднее номинальное напряжение сети,

$r''''_{1\Sigma}$, $x''''_{1\Sigma}$ - активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ.

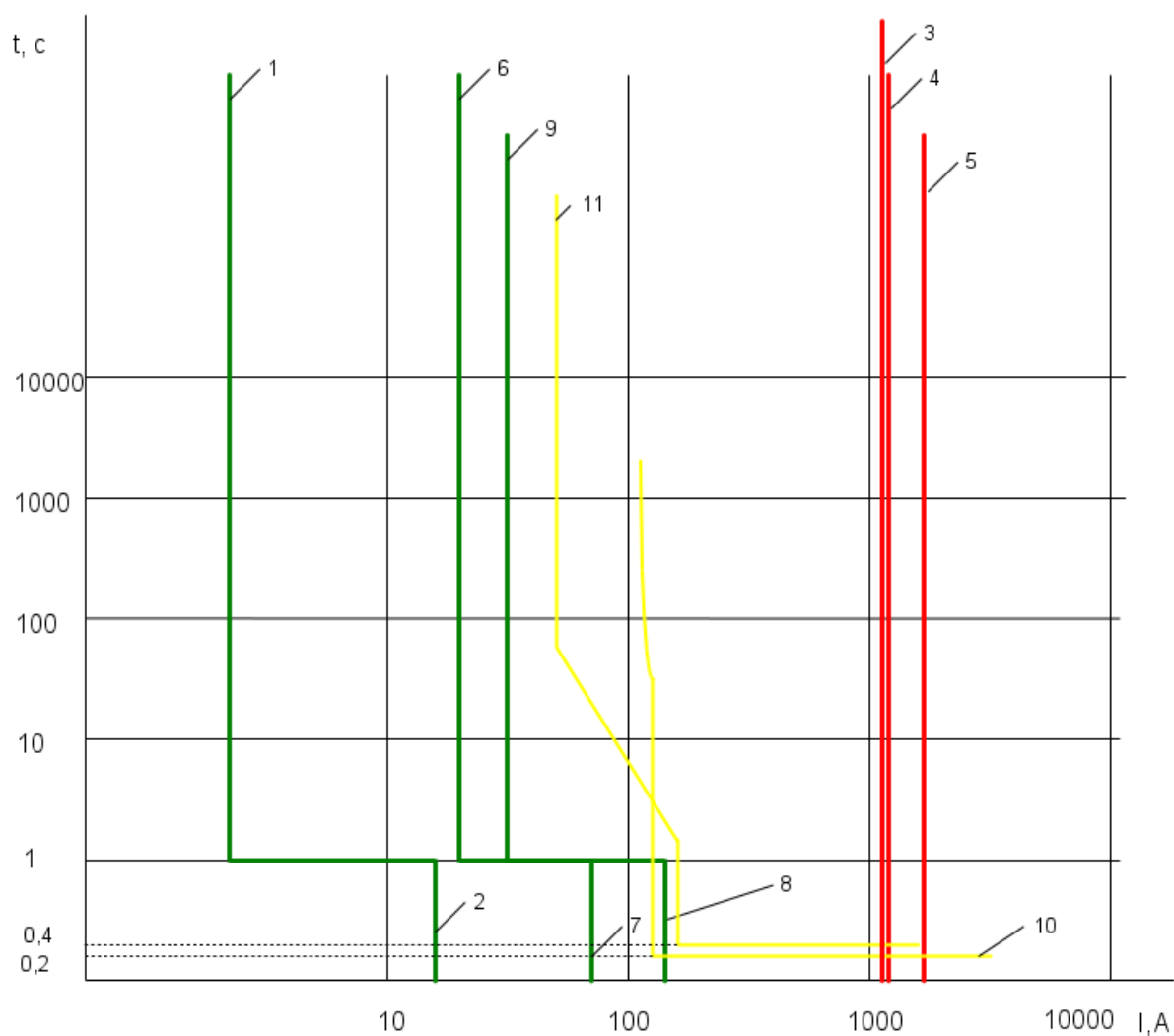
$$r''''_{1\Sigma} = r''''_{1\Sigma} + r_{\text{кв}} + r_{\text{к}} + r_{\text{кл}} = 0,0939 + 0,00215 + 0,000027 \cdot 2 + 0,00075 \cdot 2 + 0,0135 = 0,1111 \text{ Ом}$$

$$x''''_{1\Sigma} = x''''_{1\Sigma} + x_{\text{кв}} + x_{\text{кл}} = 0,0932 + 0,0012 + 0,0011 = 0,0955 \text{ Ом}$$

$$I''''_{\text{п0}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,1111^2 + 0,0955^2}} = 1578 \text{ А}$$

Таблица 10. Падение напряжения на участках цепи.

№ п/п	Участок	Падение, % от U_n		
		Максимальный режим	Минимальный режим	Послеварийный режим
1	1 - 2	0,08	0,09	0,16
2	2 - 3	0,005	0,005	0,01
3	3 - 4	1,8	1,97	3,57
4	4 - 5	0,22	0,24	0,23
5	5 - 6	0,1	0,11	0,11
6	6 - 7	0,09	0,09	0,09



1. Номинальный ток эл.двигателя М13 (4,63 А)
2. Пусковой ток эл.двигателя М13 (30,1 А)
3. Ток КЗ на вводах эл.двигателя М13 (1578 А)
4. Ток КЗ в шкафу ЗШР (1748 А)
5. Ток КЗ в шкафу 1ШР (3113 А)
6. Номинальный ток шкафа ЗШР (40,5 А)
7. Пусковой ток шкафа ЗШР (91,18 А)
8. Пусковой ток шкафа 1ШР (162,52 А)
9. Номинальный ток шкафа 1ШР (61,68 А)
10. Кривая срабатывания выключателя QF 3.5
11. Кривая срабатывания выключателя QF 1.2

Рисунок 7. Карта селективности защит.

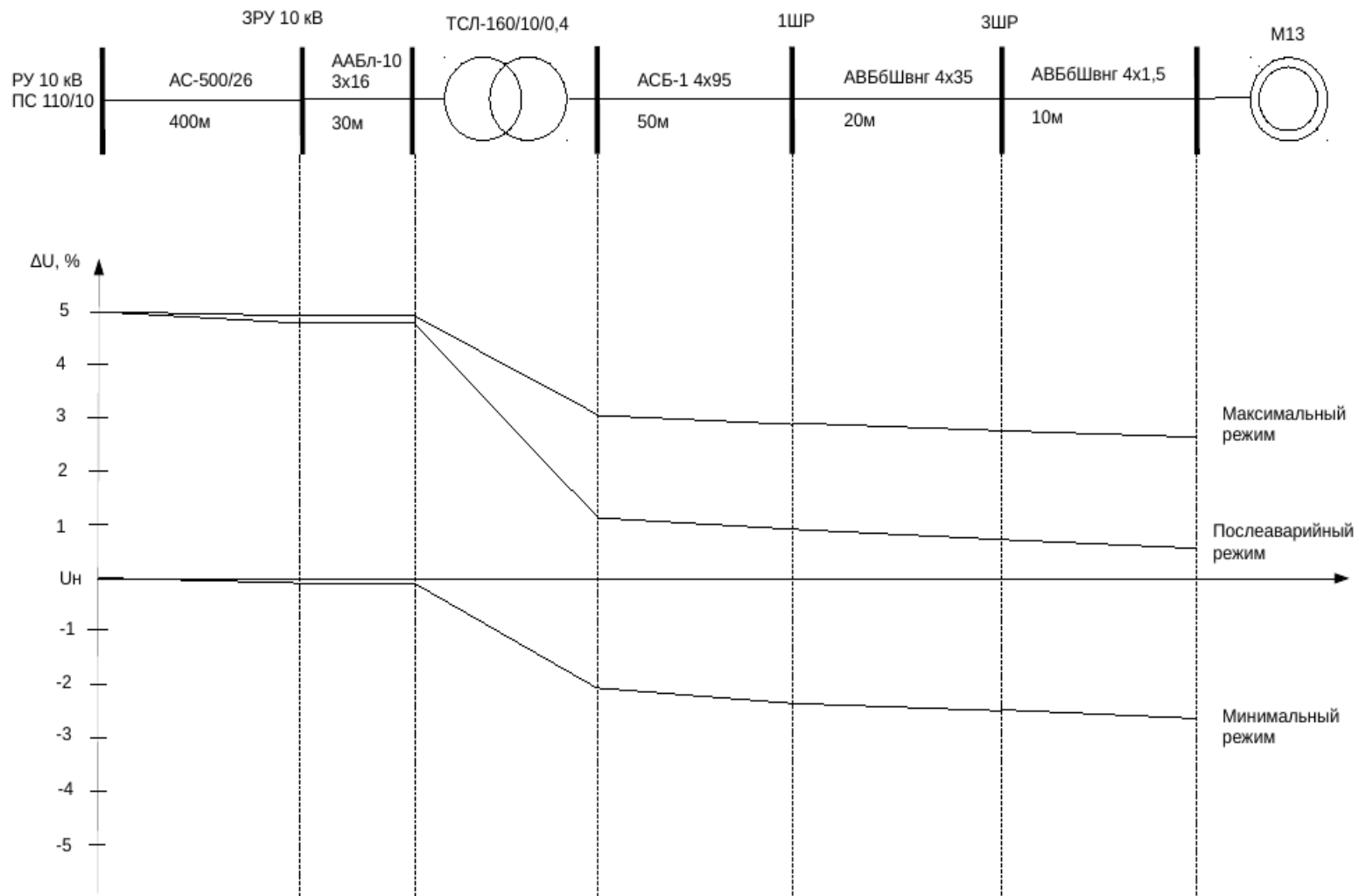


Рисунок 8. Эпюры отклонения напряжения.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является обоснование проекта, механизма управления и сопровождения конкретных решений по проекту на этапе научно-технического проектирования, оценка целесообразности.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести технико-экономическое обоснование проекта;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет проекта;
4. Произвести оценку научно-технического уровня проекта;
5. Оценить организационную эффективность.

5.1 Обоснование и потенциальные потребители проекта

Целью данного проекта является разработка системы электроснабжения промежуточной нефтеперекачивающей станции.

В результате проделанной работы выполнено проектирование схемы электроснабжения, выбрано оборудование, рассчитаны уставки защит. Данный проект может представлять интерес для предприятий, работающих в области добычи и транспортировки нефти, поэтому можно говорить о том, что проект имеет коммерческий потенциал.

Приведем также расчет научно-технического уровня проекта.

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности исследования необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ). Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$\text{НТУ} = \sum_1^n k_i \cdot \Pi_i,$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 11. Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,3
Теоретический уровень	0,2
Срок реализации	0,3
Область применения	0,2

Таблица 12. Шкала оценки новизны

Уровень	Баллы
Низкий	1-4
Средний	5-7
Сравнительно высокий	8-10
Высокий	11-14

Для рассматриваемого проекта оценку данного признака примем равной 4.

Таблица 13. Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	2
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	1
Разработка способа (алгоритма, устройства, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы,	8

объяснение версий, практические рекомендации)	
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	6

Для рассматриваемого проекта оценку данного признака примем равной 6.

Таблица 14. Срок реализации

Сроки реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Для рассматриваемого проекта оценку данного признака примем равной 10.

Таблица 15. Область применения

Область применения	Баллы
Одно или несколько предприятий	10
Отрасль	4
Народное хозяйство	2

Для рассматриваемого проекта оценку данного признака примем равной 10.

Рассчитаем научно-технический уровень проекта:

$$НТУ = 0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 6 + 0,3 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 = 7,4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет низкий показатель новизны и короткий срок реализации. Имеет средний НТУ.

5.2 Планирование работ по проекту

В рабочую группу по выполнению проекта по электроснабжению промежуточной нефтеперекачивающей станции привлечены двое сотрудников: руководитель проекта и инженер. Перечень этапов работ по проекту и распределение обязанностей представлено в Таблице 16.

Таблица 16. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этап	№ работы	Содержание работы	Исполнитель
Разработка и утверждение технического задания	1	Разработка и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор метода реализации проекта	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор метода реализации	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Проектирование	5	Разработка схемы	Инженер
	6	Расчёт параметров схемы	Инженер
	7	Выбор оборудования	Инженер
Оценка результата	8	Оценка проекта на соответствие техническому заданию	Руководитель, инженер
Оформление отчёта	9	Оформление пояснительной записки	Инженер

Определим трудоёмкость работ рабочей группы опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \text{ где } t_{ож} - \text{ожидаемая трудоёмкость выполнения работы}$$

чел.-дн.;

t_{min} – минимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн.;

t_{max} – максимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн.

1	Разработка и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	2							
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	12							
3	Выбор метода реализации	Инженер	4							
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	1							
5	Разработка схемы	Инженер	7							
6	Расчёт параметров схемы	Инженер	12							
7	Выбор оборудования	Инженер	7							
8	Оценка проекта на соответствие ТЗ	Руководитель, инженер	3							
9	Оформление пояснительной записки	Инженер	12							
 - руководитель  - инженер										

Таким образом, из графика видно, что общее время исполнения работ по проекту – 60 календарных дней, при этом затраты рабочего времени руководителя составляют 5 календарных дней (4,2 рабочих), а инженера — 60 календарных дней (41,2 рабочих).

5.3 Бюджет проекта

Бюджет проекта состоит из материальных затрат, затрат на основную и дополнительную заработную плату исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды и накладных расходов.

5.3.1 Материальные затраты

Затраты на материалы рассчитываем по формуле: $Z_M = k_{тр} \cdot \sum C_i \cdot N_i$, где C_i , N_i — цена и израсходованное количество материального ресурса, $k_{тр} = 1,15$ — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Результаты представлены в Таблице 19.

Таблица 19. Материальные затраты.

Наименование	Ед. изм.	Требуемое количество		Цена, руб	Затраты, руб		
		Руководитель	Инженер		Руководитель	Студент	
Персональный компьютер Lenovo C20-00	шт			19999	19999	19999	
Бумага	пачка		1	250		250	
Ручка	шт	1	1	20	20	20	
Доступ к сети Интернет	шт	1	1	450	450	450	
Итого						20469	20719

Общая сумма материальных затрат

$$Z_M = 1,15 \cdot (20469 + 20719) = 47354,2 \text{ руб}$$

5.3.2 Затраты на основную и дополнительную заработную плату

Исходя из установленных тарифных ставок для исполнителей и затрат рабочего времени рассчитаем затраты на основную и дополнительную заработную плату.

Среднедневную заработную плату исполнителя рассчитаем как:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \text{ где } Z_M \text{ — месячная заработная плата, } M \text{ — количество месяцев}$$

без отпуска в течение года ($M=11,2$), F_d — количество рабочих дней в году (247).

Согласно данным Росстата, средняя начисленная заработная плата в сфере высшего профессионального образования составила для руководителя 51000 руб, для специалиста 34100 руб.

Среднедневная заработная плата:

- для руководителя $Z_{д.р} = \frac{51000 \cdot 11,2}{247} = 2312,55 \text{руб.}$
- для инженера $Z_{д.с} = \frac{34100 \cdot 11,2}{247} = 1546,23 \text{руб.}$

Затраты рабочего времени:

- для руководителя $T_{р.р} = 4,2 \text{ раб.дн.}$
- для инженера $T_{р.с} = 41,2 \text{ раб.дн.}$

Затраты на зар. плату составят:

- для руководителя $Z_{осн.р} = Z_{д.р} \cdot T_{р.р} = 2312,55 \cdot 4,2 = 9712,71 \text{руб.}$
- для инженера $Z_{осн.с} = Z_{д.с} \cdot T_{р.с} = 1546,23 \cdot 41,2 = 63704,68 \text{руб}$

Общие затраты на зар. плату составят $Z = 73417,39 \text{руб}$

5.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Согласно п.2 ст.427 НК РФ ставка отчислений во внебюджетные фонды $k_{отч} = 30\%$.

Сумма отчислений $Z_{внеб} = Z \cdot k_{отч} = 73417,39 \cdot 0,3 = 22025,22 \text{руб}$

5.3.4 Накладные расходы

Сумма накладных расходов рассчитывается, как $Z_{накл} = (Z + Z_{м} + Z_{внеб}) \cdot k_{накл} = 142796,81 \cdot 0,16 = 22847,49 \text{руб}$

Общая смета затрат по проекту приведена в Таблице 20.

Таблица 20. Смета затрат по проекту.

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	47354,20
Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	73417,39
Отчисления во внебюджетные фонды	22025,22

Накладные расходы	22847,49
Итого	165644,30

Таким образом, ориентировочная смета затрат на проектирование составила – 165 700 рублей.

5.4 Организационная эффективность проекта

Для оценки организационной эффективности выберем критерии оценки и найдём интегральный показатель с учётом их веса. Результаты оценки по 10-балльной шкале представлены в Таблице 21.

Таблица 21. Показатели организационной эффективности.

№ п/п	Критерий организационной эффективности	Вес	Оценка	Оценка с учётом веса
1	Соответствие техническому заданию	0,3	10	3
2	Соблюдение сроков проектирования	0,2	10	2
3	Новизна	0,1	2	0,2
4	Надёжность	0,2	7	1,4
5	Экологичность	0,2	8	1,6
Интегральная оценка				8,2

Полученная интегральная оценка 8,2 по десятибалльной шкале говорит о высокой организационной эффективности проекта.

Выводы по разделу «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

- В данном разделе был рассчитан коэффициент научно-технического уровня проекта, который равен 7,4.

- Проведено планирование работ и составлен план-график (диаграмма Ганта). На выполнение проектирования потребуется 60 календарных дней.

- Произведен расчет заработной платы исполнителей проекта и отчисления во внебюджетные фонды, рассчитаны материальные затраты и накладные расходы. Общие затраты на проектирование составили 165 700 рублей.

- Оценена организационная эффективность. Интегральная оценка 8,2 по десятибалльной шкале говорит о высокой организационной эффективности проекта.

Таким образом, проект можно считать целесообразным и эффективным с позиции ресурсоэффективности.

6 Социальная ответственность

В данном разделе рассматривается безопасность и экологичность технологического процесса перекачки нефти.

6.1 Анализ опасных и вредных факторов

Реальные производственные условия характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов. Анализ данных факторов необходим с целью их дальнейшего предупреждения.

К опасным производственным факторам при работах в рамках данного технологического процесса относятся:

- опасность поражения электротоком;
- опасность от движущихся частей механизмов;
- опасность падения с высоты или падения на рабочего предметов сверху (от 2 м до 5 м);
- опасность ожога при загораниях и взрывах оборудования, возгораниях горючих веществ;
- опасность ожога горячей водой, паром (при разрыве и свищах трубопроводов, паропроводов);

- опасность ожога открытыми источниками огня, электрической дугой.

Наряду с опасными факторами можно выделить вредные факторы, которые приводят к нарушению нормального режима работы.

К вредным факторам относятся:

- общая вибрация (по условиям допустима до 1,8 мм/с);
- шум (достигает 110 дБА).

6.2 Техника безопасности

Помещение магистральной насосной относится к помещению с повышенной опасностью поражения людей электрическим током, т.к. имеется токопроводящий железобетонный пол. Необходимо применять определенный комплекс защитных мер, обеспечивающих электробезопасность. В данном случае необходимо обеспечивать персонал средствами индивидуальной защиты: обувью с резиновой подошвой (сапогами), диэлектрическими перчатками и ковриками. При работе с высоким напряжением использовать инструмент с изолирующими рукоятками.

В качестве средств коллективной защиты применяются временные ограждения, таблички, предупреждающие о том, что ведутся работы по электромонтажу. Всё электрооборудование, установленное на производственных участках, не должно перегреваться, должно быть сделано во взрывобезопасном исполнении и заземлено.

Движущиеся части механизмов должны быть закрыты кожухами, либо установлено ограждение, а также должны присутствовать предупреждающие знаки.

Для избежания накопления паров нефти помещение насосной необходимо оснащать приточно-вытяжной вентиляцией, с целью предупреждения взрыва.

Для обеспечения безопасности при работе персонала на высоте, все

переходные мостики должны быть оборудованы поручнями, а также должны быть предусмотрены страховочные ремни.

6.3 Производственная санитария

6.3.1 Влияние шума

В результате гигиенических исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления:

- снижается острота зрения, слуха;
- повышается кровяное давление;
- снижается внимание.

Достаточно длительное воздействие шума может быть причиной функциональных изменений сердечно сосудистой и нервной систем. Измерение шума проводят с целью оценки его на рабочих местах или рабочих зонах для сопоставления с требованиями санитарных норм, а также для оценки шумовых характеристик машин и оборудования, с целью разработки мероприятий по борьбе с шумом. Для оценки шума используют частотный спектр измеренного уровня звукового давления, выраженного в децибелах в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

Для обеспечения защиты персонала от шумов и вибраций запрещается организация рабочих места вблизи работающего оборудования. Контроль за протеканием технологического процесса ведётся из помещения операторной.

6.3.2 Микроклимат

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях, в частности в рабочих зонах. Рабочей

зоной называется пространство, высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих (более 2-х часов непрерывно).

Согласно ГОСТ 12.1.005 - 88 (1999, с изм. 1 2000) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», устанавливаются оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны помещения, нормируемые следующими параметрами: температура, оптимальная влажность, скорость движения воздушного потока.

Для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны используется общеобменная вентиляция.

Очистка от вредных примесей в воздухе, осуществляется с помощью фильтров, установленных в вентиляции.

Значения параметров непосредственно к рассматриваемому цеху участку приведены в таблице.

Таблица 22. Метеорологические условия для рабочей зоны

Сезон	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С0		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значения	Допустим значения	Фактич. значения	Допустим значения	Фактич. значения	Допустим значения
Теплый	Легкая, 1Б	22-24	20-28	60-40	15-75	0.1	0.1-0.3
Холодный	Легкая, 1Б	21 - 23	19-24	60-40	15-75	0.1	0.1-0.2

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период года и вентиляцией в теплый период.

Периодический контроль содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ осуществляется силами заводской лаборатории или санитарно-гигиенической станции.

6.3.3 Виброакустические факторы

Шум на производстве - это ещё одна проблема, которая наносит большой экономический и социальный ущерб. Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, технические и физиологические нарушения, снижает

работоспособность и создаёт предпосылки для общих профессиональных заболеваний и производственного травматизма. По ГОСТ 12.1.003 — 83ССБТ уровень шума и эквивалентные уровни звука не должны превышать 80 дБА[таблица 2].

Необходимые условия для снижения шума:

- Всё применяемое оборудование для снижения шума установлено на виброопорах;
- В данном цехе, при выполнении мероприятий по сокращению проникновения шумов на улицу, световые проёмы целесообразно закладывать стеклоблоками.

Вибрация является вредным производственным фактором. Измерение вибрации производится прибором ВШВ-003, снабженным датчиком вибрации. Нормативным документом, рассматривающим уровни вибрации для различных категорий рабочих мест, служебных помещений являются санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566 - 96.

6.4 Чрезвычайные ситуации

Классификация помещений по степени пожарной опасности.

Помещения и здания в целом делятся по степени пожаро- или взрывоопасности на пять категорий в соответствии с техническим регламентом «О требованиях к пожарной безопасности».

Помещение насосной соответствует категории Б по пожарной опасности

Категория Б - это помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие волокна или пыль, а также легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки паров более 28°С в таком количестве, что образуемая ими с воздухом смесь при взрыве может создать давление более 5 кПа.

Категории производств по пожарной опасности в большой степени

определяют требования к конструктивным и планировочным решениям зданий и сооружений, а также другим вопросам обеспечения пожаро- и

взрывобезопасности. Они отвечают нормам технологического проектирования или специальным перечням, утверждаемым министерствами (ведомствами). Руководством при этом могут служить "Указания по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности".

Условия возникновения пожара в зданиях и сооружениях во многом определяются степенью их огнестойкости (способность здания или сооружения в целом сопротивляться разрушению при пожаре). Здания и сооружения по степени огнестойкости подразделяются на пять степеней (I, II, III, IV и V). Степень огнестойкости здания (сооружения) зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций и от распространения огня по этим конструкциям.

Данный цех относится к несгораемым, так как выполнен из железобетонных конструкций и негорючих материалов.

Для обеспечения безопасности против пожаров и взрывов применяются следующие меры:

- 1) Производственное помещение вентилируется восьмикратной сменой воздуха в час;
- 2) Применяется электрооборудование во взрывозащищённом исполнении;
- 3) Помещение оборудовано огнетушителями и пожарным инвентарём;
- 4) Помещение оборудовано автоматизированной системой пенного пожаротушения.

6.5 Охрана окружающей среды

Важными направлениями следует считать совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов в окружающую среду, замену и по возможности широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды. В качестве дополнительных средств защиты применяют аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей, глушителей шума,

виброизоляторы технологического оборудования. Важную роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнения: оптимальное расположение промышленных

предприятий с учетом местности; установление санитарно-защитных норм вокруг промышленных предприятий.

В помещении магистральной насосной при нормальном протекании производственного процесса отсутствуют выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы жидких отходов.

В процессе осуществления хозяйственной деятельности образуются твёрдые отходы 3 класса опасности (нефтешламы, загрязнённая ветошь, строительный мусор). Предусмотрены оборудованные места временного хранения отходов. В дальнейшем отходы передаются на утилизацию специализированным предприятиям.

С целью охраны окружающей среды от загрязнений предусматривается внедрение:

- системы оборотного водоснабжения;
- системы очистки дождевой канализации.

6.6 Организация рабочего процесса

Поскольку производственный процесс перекачки нефти является непрерывным, устанавливается посменный режим работы в 2 смены с суммированным учётом рабочего времени за месяц. Запрещается работа в течение 2 смен подряд.

7 Заключение

В результате выполнения работы была разработана схема электроснабжения НПС, рассчитаны токи КЗ, определены сечения кабельных и воздушных линий, осуществлён выбор оборудования. Рассчитаны уставки защиты кабельных линий и высоковольтных двигателей.

8 Нормативные ссылки

При выполнении данной работы были использованы следующие нормативные документы:

- 1 ГОСТ Р 52735-2007 КОРОТКИЕ ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.
- 2 ГОСТ 28249-93 КОРОТКИЕ ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
- 3 ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание.
- 4 ГОСТ 18410-73 Кабели силовые с пропитанной бумажной изоляцией. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3, 4, 5);
- 5 НТП-99 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

9 Сокращения

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

- ВЛ — воздушная линия;
ДЗТ — дифференциальная токовая защита с торможением;
ЗРУ — закрытое распределительное устройство;
КЛ — кабельная линия;
КЗ — короткое замыкание;
КРУ — комплектное распределительное устройство;
КТП — комплектная трансформаторная подстанция;
НПС — нефтеперекачивающая станция;
ОЗЗ — однофазное замыкание на землю;
ПС — электрическая подстанция;
РУ — распределительное устройство;
СД — синхронный двигатель;

ТТ – трансформатор тока;

ТТНП - трансформатор тока нулевой последовательности.

10 Список литературы

1. Мельников М.А. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб.пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. - 144 с.
2. Справочные данные по расчетным коэффициентам электрических нагрузок, шифр М788-1069/ ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1990 г.
3. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие/А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006 – 248 с.
4. Блантер С.Г., Суд И.И. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. и доп. М., Недра, 1980, 478с.
5. Справочник по проектированию электрических сетей. Под редакцией Д.Л. Файбисовича. Издание 4-е, переработанное и дополненное. Москва: ЭНАС, 2012.
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание, переработанное и дополненное, с изменениями.
7. Небрат И.Л. Расчеты токов короткого замыкания для релейной защиты. Учебное пособие. ПЭИпк, 199034, Санкт-Петербург, ВО, 10-я линия, 3. 51с.
8. Расчёт токов короткого замыкания в системах электроснабжения. Метод.указ. / Сост.: В.С. Князев, Г.С.Свирская: ГОУ ВПО «СибГИУ». – Новокузнецк, 2004. – 38 с.
9. Релейная защита электродвигателей напряжением 6 – 10 кВ терминалами БМРЗ: методика расчета/ С.А.Гондуров, С.В. Михалев, М.Г. Пирогов, А.Л. Соловьев. – СПб.: ПЭИПК, 2013, 60с.