

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра энергетики
Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы Электроэнергетика

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

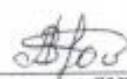
И.о. зав. кафедрой


_____ Н.В. Савина
«23» 06 _____ 20 20 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Проектирование системы электроснабжения цеха флотации
АО "Маломырский рудник"

Исполнитель
студент группы 642-узб


_____ Д.В. Ловцов
подпись, дата

Руководитель
профессор, доктор
техн.наук


_____ Н.В. Савина
подпись, дата

Консультант по
безопасности и
экологичности
доцент, канд.техн.наук


_____ А.Б. Булгаков
подпись, дата

Нормоконтроль
ст. преподаватель


_____ Л.А. Мясоедова
подпись, дата

Благовещенск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ
И.о. зав. кафедрой
 Н.В. Савина
«14» 04 2020 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Ловцова Дмитрия Викторовича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование системы электроснабжения
(утверждено приказом от 23.03.2020 № 657-уч)
цеха флотации ООО «Маломырский рудник»

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 10.06.2020г

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: План расположения оборудования
цеха флотации, технические данные электрического оборудования, однолинейная схема
источника питания ПС «Маломыр»

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке
вопросов): Расчет электрических нагрузок, выбор оборудования, расчет токов короткого
замыкания, безопасность жизнедеятельности, расчёт экономических показателей

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных
продуктов, иллюстративного материала и т.п.) 12 таблиц

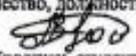
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним
разделов) консультант по безопасности и экологичности доцент, канд. техн. наук А.Б. Булгаков

7. Дата выдачи задания 14.04.2020г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Савина Наталья Викторовна
и.о. зав. кафедрой профессор доктор технических наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 14.04.2020г


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 123 стр., 10 рисунков, 57 таблиц, 85 формул, 20 источников

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ПОДСТАНЦИЯ, ТРАНСФОРМАТОР,
НАДЕЖНОСТЬ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ОГРАНИЧИТЕЛЬ
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЗАЩИТА,
ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ, МОЛНИЕЗАЩИТА, ЗАЗЕМЛЕНИЕ,
ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК, СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ

В данной работе разработан вариант системы электроснабжения цеха флотации «Маломырского» рудника напряжением 0,4 кВ. В ходе выполнения работы произведен расчет электрических нагрузок номинальным напряжением 0,4 кВ, а так же определена расчетная мощность на стороне высокого напряжения питающих трансформаторных подстанций 6 кВ. Произведен расчет токов короткого замыкания во всех характерных точках проектируемой электрической сети. Выполнена проверка основного электрического оборудования предполагаемого к установке на руднике. Выбрана современная защита силовых трансформаторов. Определены основные меры безопасности при работе в электроустановках в области охраны окружающей среды, а также рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при эксплуатации электротехнического оборудования.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ППЭ – пункт приема электрической энергии

АВР – автоматический ввод резерва;

КЗ – короткое замыкание;

ТП – трансформаторная подстанция;

КУ – компенсирующее устройство;

МТЗ – максимальная токовая защита;

ОПН – ограничитель перенапряжений нелинейный;

ОУ – огнетушитель углекислотный;

МЗ – микропроцессорная защита;

ТН – трансформатор напряжения;

ТТ – трансформатор тока;

ПБВ – устройство переключения отпаяк без возбуждения;

ПУЭ – правила устройства электроустановок.

ТСН – трансформатор собственных нужд

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Краткое описание района где расположено предприятие	10
2 Краткая характеристика технологического процесса цеха флотации и электроприемников	11
3 Расчет электрических нагрузок по цеху в целом	14
4 Выбор силовых трансформаторов и ТП	21
5 Расчет ЦЭН и выбор места расположения ТП ПП	24
6 Разработка схемы низковольтного электроснабжения	28
6.1 Разработка вариантов схемы низковольтного электроснабжения цеха	28
6.2 Расчет внутрицеховых электрических нагрузок	32
6.3 Выбор номинального напряжения	32
6.4 Выбор марки и сечения проводников	33
6.5 Выбор распределительных шкафов	37
6.6 Расчет токов трехфазного короткого замыкания	39
6.7 Расчет токов однофазного короткого замыкания	44
6.8 Проверка проводников	48
6.9 Выбор и проверка коммутационной аппаратуры	50
6.10 Выбор оптимального варианта схемы низковольтного электроснабжения	54
6.11 Конструктивное исполнение схемы низковольтного электроснабжения и прокладка линий	55
7 Проектирование высоковольтной схемы электроснабжения цеха	56
7.1 Выбор пункта приема электрической энергии	56
7.2 Разработка вариантов схемы электроснабжения	56
7.3 Выбор номинального напряжения	57
7.4 Выбор марки и сечения кабельных линий	60
7.5 Расчет токов короткого замыкания	64
7.6 Проверка выбранного оборудования	68

7.7	Конструктивное исполнение схемы электроснабжения	71
8	Проектирование пункта приема электрической энергии	72
8.1	Выбор пункта приема электрической энергии, разработка его однолинейной схемы и конструктивное исполнение	72
8.2	Выбор типа КРУ	74
8.3	Выбор и проверка выключателей 6 кВ	75
8.4	Выбор многофункционального прибора учета электрической энергии	78
8.5	Выбор и проверка трансформаторов напряжения 6 кВ	79
8.6	Выбор трансформаторов тока 6 кВ	80
8.7	Выбор изоляторов 6 кВ	83
8.8	Выбор и проверка сборных шин 6 кВ	84
8.9	Выбор трансформаторов собственных нужд	86
9	Заземление и молниезащита пункта приема электрической энергии	88
10	Релейная защита, автоматика и сигнализация	92
10.1	Выбор системы оперативного тока	92
10.2	Релейная защита питающей линии	93
10.3	Автоматика	94
10.4	Сигнализация	95
10.5	Организация измерения и учета электрической энергии, телемеханизация, автоматизация	96
11	Технико-экономические расчеты	101
11.1	Расчет капиталовложений	101
11.2	Расчет экономических издержек	102
11.3	Расчет амортизационных отчислений	102
12	Безопасность и экологичность	104
12.1	Безопасность	104
12.2	Экологичность	107
12.3	Чрезвычайные ситуации	111
	Заключение	113
	Библиографический список	114

Приложение А. Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ второго варианта системы электроснабжения 0,4 кВ	117
Приложение Б. Выбор и проверка проводников в сети 0,4 кВ второго варианта системы электроснабжения 0,4 кВ	119
Приложение В. Выбор и проверка автоматических выключателей второго варианта системы электроснабжения 0,4 кВ	121

ВВЕДЕНИЕ

«Маломырский рудник» – первый масштабный проект Группы компаний «Петропавловск», расположенный на северо-востоке Амурской области. Представляет собой крупное промышленное предприятие занимающееся добычей золота. Данный объект занимает важное значение в бюджете Амурской области, так как позволяет приносить значительные финансовые вливания в процессе своей работы. Также положительной стороной данного предприятия является предоставление жителям Амурской области значительного количества рабочих мест.

Целью данной выпускной квалификационной работы является определение наиболее выгодного как с экономической точки зрения, так и с точки зрения надежности варианта расширения системы внутреннего электроснабжения цеха флотации «Маломырского» рудника для обеспечения значительного количества потребителей электрической энергией.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие основные задачи: определение общих расчетных параметров нагрузки по цеху флотации, таких как расчетная активная и реактивная мощность нагрузки, определено количество и место расположения ТП необходимых для питания указанного потребителя в соответствии с предъявляемыми требованиями по надежности электроснабжения, разработан и выбран оптимальный вариант системы внутреннего электроснабжения исходя из экономических и технических соображений, произведен выбор основного электротехнического низковольтного и высоковольтного оборудования с проверкой его по условию протекания токов короткого замыкания. Так же в работе решена часть вспомогательных задач, таких как: расчет параметров молниезащиты и заземления пункта приема электрической энергии, выбор системы оперативного тока и устройств релейной защиты, определены основные необходимые устройства автоматики и телемеханики, сигнализации и учета электрической энергии.

Также в решены следующие дополнительные задачи: определены параметры экономической эффективности в организацию системы электроснабжения цеха флотации «Маломырского рудника», определены наиболее опасные производственные факторы при наладке и эксплуатации низковольтного и высоковольтного электрооборудования системы электроснабжения.

При выполнении данной работы были использованы следующие программные продукты: Word, Excel, Visio. Mat soft: Mathcad.

Ожидаемые результаты от выполнения данной работы: Получение технических данных об оптимальной схеме электроснабжения Маломырского рудника, получение данных о необходимых финансовых инвестициях в реализацию проекта, получение данных о технических характеристиках необходимого электротехнического оборудования.

1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

«Маломырский рудник» находится в Селемджинском районе, который, в свою очередь, расположен в северо-восточной части Амурской области. На северо-востоке, юго-востоке и юге граничит с Хабаровским краем, на юго-западе и западе – с Мазановским районом и на северо-западе с Зейским районом. Район занимает обширную территорию 46,7 тыс. кв. км (12,9 % территории Амурской области). В районе 6 поселков городского типа и 4 сельских населенных пунктов.

Климат района резко континентальный с суровой длинной зимой и коротким жарким летом. Основные данные по климатической характеристике района представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Природно-климатические условия Селемджинского района Амурской области

№ п/п	Параметр	Значение
1	Минимальная температура	-49,8°С
2	Максимальная температура	37,1°С
3	Среднегодовая температура	-3,6°С
4	Относительная влажность воздуха минимальная	59%
5	Относительная влажность воздуха максимальная	82%
6	Скоростной напор ветра	650 Па (32 м/сек)
7	район по ветру (ПУЭ)	3
8	нормативная стенка гололеда	20 мм
9	Район по ветру (ПУЭ)	3
10	Число грозových часов в год	45
11	Степень загрязнения атмосферы	1
12	Глубина промерзания грунтов	3 м
13	Высота над уровнем моря	314 м

Представленные данные будут в дальнейшем использоваться при выполнении данной работы

2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЦЕХА ФЛОТАЦИИ И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

В зависимости от состава руд и формы присутствующего в них золота переработку золотосодержащего сырья пульпы осуществляют по следующим технологическим схемам:

- цианирование пульпы с ее последующей фильтрацией или отмывкой золотосодержащего комплекса противоточной декантацией;
- непосредственная сорбция золота из пульпы ионообменной смолой.

Выделение золота из растворов осуществляют осаждением его с применением цинка или путем электролиза:

- флотационное обогащение руд с последующим извлечением золота из концентрата плавкой или цианированием;
- амальгамация руд с получением золота в виде амальгамы;
- гравитационное обогащение руд с последующей переработкой концентрата плавкой, цианированием или амальгамацией.

Сложные по составу руды перерабатывают по комбинированным схемам, включающим различные сочетания указанных процессов. В результате взаимодействия рудных минералов с растворами в процессе переработки руд и концентратов в жидкую фазу пульпы переходят различные соли. Кроме того, в ней содержатся вводимые в технологический процесс реагенты: цианистые соли, флотационные реагенты, цинк и др.

Флотация – один из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на различии способностей минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях. Гидрофобные (плохо смачиваемые водой) частицы минералов избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от гидрофильных (хорошо смачиваемых водой) частиц. При флотации пузырьки газа или капли масла прилипают к плохо смачиваемым водой частицам и поднимают их к поверхности.

В цехе флотации Маломирского рудника имеется значительное количество электроприемников (мешалки, подогреватели редукторов, насосы, механизмы загрузки и т.д.), которые предназначены для организации бесперебойного основного технологического процесса флотации. В цехе имеется две цепи флотации, для каждой из которых имеется определённое количество механизмов, ответственных за процесс, при этом имеется еще и третья технологическая группа – так называемое вспомогательное оборудование (различные дозирующие насосы, компрессоры, пресс фильтры, различные механизмы) которое также выполняет неотъемлемую роль в процессе флотации.

По роду электрического тока большую часть потребителей занимают асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, подключаемые как напрямую в трехфазную сеть напряжением 380 В, так и через устройства регулирования частоты. Также в нагрузке имеют место небольшие по мощности однофазные электроприемники напряжением 220 В, подключаемые равномерно в трехфазную сеть. Номинальная мощность приемников колеблется в диапазоне от 0,55 кВт до 185 кВт, коэффициент мощности варьируется от 0,75 до 0,85. Также в нагрузке имеется основное и ремонтное освещение, которое представлено в виде светодиодных светильников и ламп накаливания. По категории электроснабжения электроприемники относятся к первой категории (это электрооборудование первой и второй цепочек флотации, отключение которого приводит к расстройству сложного технологического процесса), второй категории надежности (вспомогательное оборудование, предназначенное для организации работы основного). Следовательно, при проектировании системы электроснабжения для данных потребителей требуется организовать питание от двух независимых источников питания.

Потребители на напряжении 0,4 кВ получают питание от трансформаторных подстанций 6/0,4 кВ наружной и внутренней установки и подключённых к РП-6кВ кабельными линиями. Кабельные линии по площадке фабрики прокладываются в основном по технологическим эстакадам.

Для питания силовых потребителей и управления механизмами используются щиты станции управления, комплектные устройства ПР8500, РУСМ8100, Я5100, посты ПКУ15 навесного исполнения. Для питания электроприводов питателей, барабанных грохотов, насосов Warman применены устройства плавного пуска ИРБИ83 ООО «НПФ ИРБИС», г. Новосибирск. В насосных и на площадках водозаборных сооружений устанавливаются ящики управления серии РУСМ.

3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПО ЦЕХУ В ЦЕЛОМ

По режиму работы в основном нагрузка представлена асинхронными электродвигателями, приводящими в действие насосы и имеющие продолжительно неизменную или мало меняющуюся нагрузку.

По роду тока основную часть нагрузки получает питание переменным трехфазным током напряжением 0,4 кВ, основное освещение принимаем на напряжении 220 В, но при этом равномерно распределяем по фазам.

По степени надежности электроснабжения потребители цеха относятся ко второй категории, рекомендуется питание от двух независимых источников питания. Допускается питание от одного источника питания и от одного трансформатора при наличии резерва на стороне низкого напряжения. Для таких потребителей допускается перерыв в электроснабжении на время переключений по вводу резервного питания оперативным персоналом. Длительность ремонта не должна превышать одни сутки.

Всех потребителей разделим на четыре группы, первая – это непосредственно оборудование первой цепочки флотации, вторая группа – это оборудование второй цепочки флотации, третья группа – это вспомогательное оборудование, расположенное отдельно от первой и второй цепочек и не участвующее в основном технологическом процессе (оси 18-25 ряд Г-К), четвертая группа – это вспомогательное оборудование, расположенное в отдельном помещении (ось 1-8 ряд А-Г). Данные по потребителям электрической энергии всех групп представлены в таблицах 2, 3, 4 и 5.

Порядковый номер соответствует номеру указанному на плане расстановки оборудования, представленном на рисунке 1

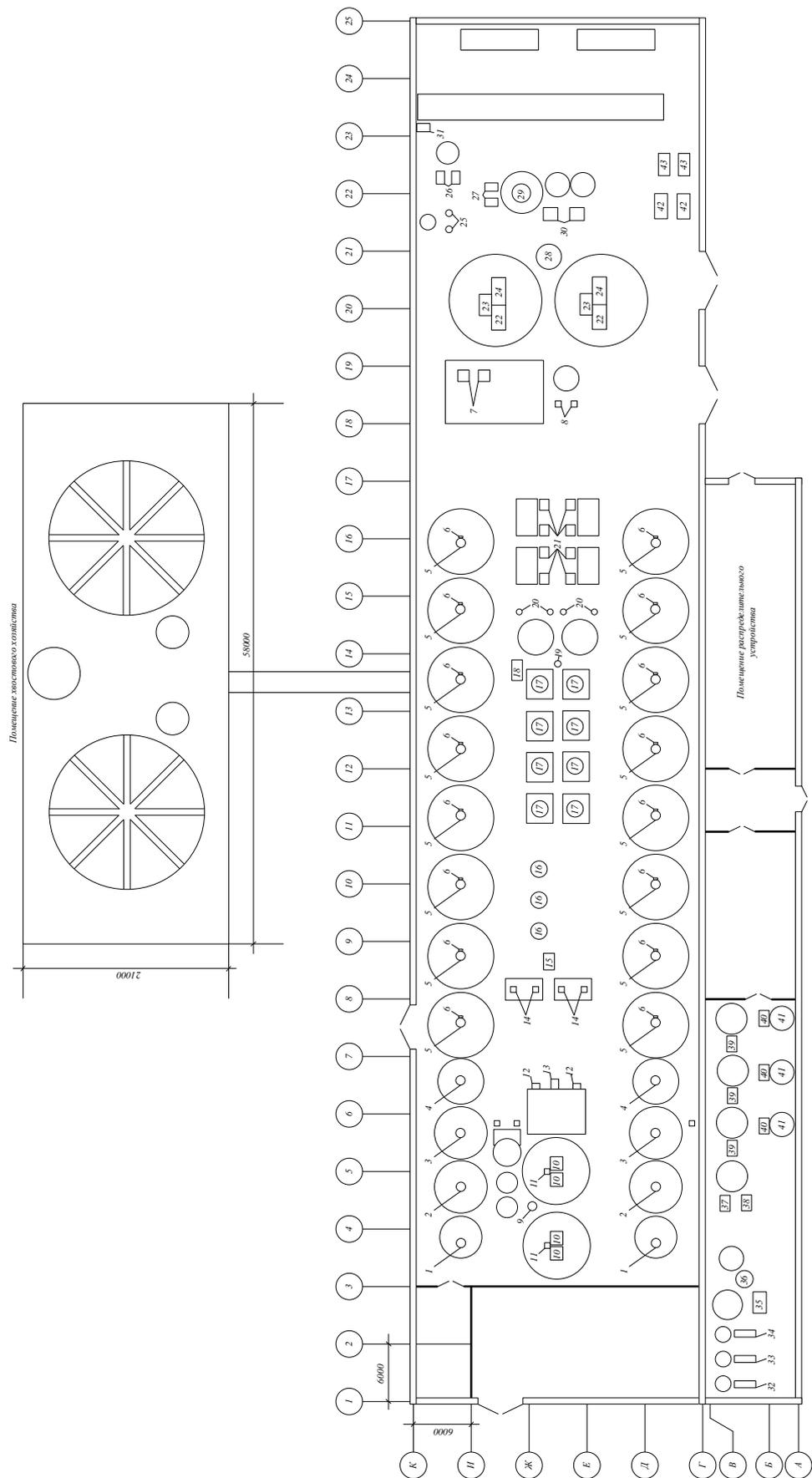


Рисунок 1 – План расположения оборудования

Таблица 2 – Данные по электрической нагрузке 0,4 кВ цеха флотации первая группа

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт.	P _{ном} (кВт)	K _и	Cos φ
1	Мешалка бака кондиционирования	1	30,0	0,9	0,85
2	Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	1	75,0	0,9	0,85
3	Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	1	75,0	0,9	0,85
4	Мешалка бака кондиционирования	1	30,0	0,9	0,85
5	Мешалка флотомашин основной флотации	8	185,0	0,9	0,85
6	Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	8	2,0	0,9	0,85
9	Насос рециркуляции флотации	1	11,0	0,7	0,8
10	Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	2	30,0	0,7	0,8
11	Механизм загрузки и вращения сгустителя	1	3,0	0,9	0,75
12	Насос возврата пробоотбора	1	5,5	0,9	0,8
13	Насос возврата пробоотбора	1	7,5	0,9	0,8
14	Насос флотоконцентрата	2	7,5	0,9	0,95
15	Насос зумпфа участка флотации	1	35,0	0,9	0,8
16	Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	2	22,0	0,9	0,85
17	Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	4	37,0	0,9	0,85
18	Насос перекачки пробоотбора	1	5,5	0,8	0,8
19	Насос зумпфа участка флотации	1	37,0	0,8	0,8
20	Насос рециркуляции флотации	2	30,0	0,8	0,8
21	Насос рециркуляции флотации	4	11,0	0,8	0,8

Данные, представленные в таблице 2, указаны согласно [6].

Далее проводим расчет нагрузок каждой категории по методу коэффициента использования механизма.

Рассмотрим подробно алгоритм расчета для данного метода. Предварительно определяем групповой коэффициент использования для данной группы [1]:

$$k_{изр} = \frac{\sum k_{ui} \times P_{ном i}}{\sum P_{ном i}} \quad (1)$$

где k_{ui} – коэффициент использования механизма или установки;

$P_{ном i}$ – номинальная активная мощность каждого потребителя согласно справочным или паспортным данным.

Таблица 3 – Данные по электрической нагрузке 0,4 кВ цеха флотации вторая группа

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт.	Р _{ном} (кВт)	К _и	Cos φ
1	Мешалка бака кондиционирования	1	30,0	0,9	0,85
2	Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	1	75,0	0,9	0,85
3	Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	1	75,0	0,9	0,85
4	Мешалка бака кондиционирования	1	30,0	0,9	0,85
5	Мешалка флотомашин основной флотации	8	185,0	0,9	0,85
6	Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	8	2,0	0,9	0,85
10	Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	2	30,0	0,7	0,8
11	Механизм загрузки и вращения сгустителя	1	3,0	0,9	0,75
12	Насос возврата пробоотбора	1	5,5	0,9	0,8
14	Насос флотоконцентрата	2	7,5	0,9	0,8
16	Мешалка флотомашин 2:ой пересчетной флотации	2	22,0	0,9	0,85
17	Мешалка флотомашин 1:ой пересчетной флотации	4	37,0	0,9	0,85
18	Насос перекачки пробоотбора	1	5,5	0,8	0,8
20	Насос рециркуляции флотации	2	30,0	0,8	0,8
21	Насос рециркуляции флотации	4	11,0	0,8	0,8

Таблица 4 – Данные по электрической нагрузке 0,4 кВ цеха флотации третья группа

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт.	Р _{ном} (кВт)	К _и	Cos φ
7	Грохот щепы	2	1,5	0,9	0,75
8	Насос слива сгустителя концентрата	2	7,5	0,7	0,8
22	Насос рециркуляции флотации	1	110,0	0,9	0,8
23	Механизм загрузки и вращения сгустителя	1	3,0	0,4	0,75
24	Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	1	5,5	0,9	0,8
25	Насос для промывки ткани	2	18,5	0,9	0,8
26	Насос для промывки коллектора	2	75,0	0,9	0,8
27	Насос питания фильтра	2	110,0	0,9	0,8
28	Насос зумпфа сгустителя концентрата	1	22,0	0,9	0,8
29	Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	1	18,5	0,9	0,85
30	Насос приемного бака фильтрата	2	11,0	0,9	0,8
31	Пресс-фильтр, конвейер кека	1	11,0	0,4	0,75

Таблица 5 – Данные по электрической нагрузке 0,4 кВ цеха флотации четвертая группа

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт.	$P_{ном}$ (кВт)	$K_{и}$	$\cos \varphi$
32	Насос дозирования вспенивателя	1	0,55	0,9	0,8
33	Дозирующий насос керосина	1	0,55	0,9	0,8
34	Насос перекачки бутилового спирта	1	0,55	0,9	0,8
35	Дозирующий насос бутилового спирта	1	0,55	0,9	0,8
36	Насос перекачки флокулянта	1	7,5	0,9	0,8
37	Насос дозирования флокулянта	1	0,55	0,9	0,8
38	Насос дозирования флокулянта	1	0,55	0,9	0,8
39	Насос дозирования жидкого стекла	3	0,55	0,9	0,8
40	Насос перекачки жидкого стекла	3	75,0	0,9	0,8
41	Мешалка бака смешивания жидкого стекла	3	11,0	0,9	0,85
42	Воздушный компрессор воздуха отжима	2	110	0,65	0,82
43	Воздушный компрессор воздуха КИП	2	55	0,65	0,82

Далее определяется эффективное количество электроприемников данной группы, подключенное к шинам низкого напряжения по следующей формуле:

$$N_{э} = \frac{\left(\sum n_i \times P_{ном i}\right)^2}{\sum n_i \times P_{ном i}^2} \quad (2)$$

где n_i – количество электроприемников в группе.

На следующем этапе определяется средняя мощность рассматриваемой группы электроприемников подключенных к шинам низкого напряжения ТП с указанием коэффициента использования по указанной формуле:

$$P_{ср} = \sum k_{и i} \times P_{ном i} \quad (3)$$

Используя справочные данные определяем коэффициент расчетной нагрузки, который зависит от группового коэффициента использования и эффективного числа электроприемников. Далее на основании полученного значения определяется расчетная активная мощность группы электроприемников с использованием следующей формулы [1]:

$$P_p = P_{cp} \cdot k_p \quad (4)$$

Далее определяем значение средней реактивной мощности группы электроприемников [1]:

$$Q_{cp} = \sum k_{ui} \times P_{номi} \times tg\varphi_i \quad (5)$$

Расчетная реактивная мощности при эффективном числе электроприемников менее 10 или более 10 равна средней реактивной мощности умноженной на соответствующий коэффициент [1]:

$$Q_p = k \times Q_{cp} \quad (6)$$

Окончательно определяется полная расчетная мощность нагрузки группы электроприемников по следующей формуле [3]:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (7)$$

Выполняем данный расчет применительно к первой группе, определяем групповой коэффициент использования [3]:

$$k_{grp} = \frac{1934,5}{2181,5} = 0,89$$

Определяем эффективное число электроприемников:

$$N_s = \frac{2,24 \cdot 10^6}{0,3 \cdot 10^6} = 7,46 \text{ (шт)}$$

Определяем среднюю активную мощность группы электроприемников:

$$P_{cp} = 1934,5 \text{ (кВт)}$$

Определяем расчетную активную мощность группы электроприемников (исходя из справочных данных принимаем коэффициент расчетной нагрузки равным 1):

$$P_p = 1934,5 \cdot 1 = 1934,5 \text{ (кВт)}$$

Определяем среднюю реактивную мощность первой группы электроприемников:

$$Q_{cp} = 1228,73 \text{ (кВАр)}$$

Определяем расчетную реактивную мощность группы электроприемников исходя из эффективного количества электроприемников (менее 10):

$$Q_p = 1228,73 \cdot 1,1 = 1351,6 \text{ (кВАр)}$$

Определяем значение полной расчетной мощности нагрузки первой группы на шинах низкого напряжения:

$$S_p = \sqrt{1934,5^2 + 1351,6^2} = 2359,9 \text{ (кВА)}$$

Результаты расчета для первой и второй групп сведены в таблицу 6

Таблица 6 – Расчетные данные по нагрузкам

Группа	$k_{угр}$	$N_{э}$	k_p	P_p (кВт)	Q_p (кВАр)	S_p (кВА)
1	0,89	7,46	1	1934,5	1351,60	2359,90
2	0,89	7,52	1	1858,95	1289,27	2262,28
3	0,88	1,74	1,15	627,09	448,69	771,08
4	0,76	2,36	1,1	510,774	366,56	628,69
Сумма				4931,31	3456,12	6021,95

Полученные результаты используем в дальнейших расчетах при компенсации реактивной мощности и выборе трансформаторов.

4 ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ТП

В данном разделе проводим расчет количества и мощности трансформаторов для питания различных групп электроприемников. Как указывалось ранее категория надежности электроснабжения к которой они относятся – первая и вторая, следовательно, принимаем решение об установке двух трансформаторов (как двух независимых источников питания) для каждой группы с применением на стороне низкого напряжения устройства автоматического ввода резерва.

Для определения требуемой мощности воспользуемся следующей формулой [5]:

$$S_{\text{треб}} = \frac{P_p}{n_T \cdot k} \quad (8)$$

где P_p – определенная в предыдущем разделе расчётная активная нагрузка определенной группы потребителей, рассчитанная в предыдущем разделе;

n_T – количество трансформаторов согласно категории надежности электроснабжения;

k – коэффициент загрузки трансформаторов (для второй и первой категории 0,7).

Наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передать из сети ВН в сеть НН через силовой трансформатор ТП, определяется по формуле:

$$Q_m = \sqrt{(n_T \cdot k \cdot S_{\text{тном}})^2 - P_p^2} \quad (9)$$

Далее определяется суммарная мощность НКУ [5]:

$$Q_{\text{нкү}} = Q_p - Q_m \quad (10)$$

В данном случае номинальную мощность принимаемых силовых трансформаторов выбираем из ряда стандартных мощностей и она должна быть равной или более требуемой.

Определяем требуемую мощность трансформатора на примере первой группы электроприемников:

$$S_{\text{треб}} = \frac{1934,5}{2 \cdot 0,7} = 1382,2 \text{ (кВА)}$$

По расчетным данным выбираем трансформатор типа ТСЛЗ-1600/6/0,4 – трехфазный сухой с литой изоляцией номинальной мощностью 1600 кВА и номинальным напряжением 6/0,4 кВ.

Наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передать из сети ВН в сеть НН через силовой трансформатор ТП:

$$Q_m = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1600)^2 - 1934,5^2} = 1129,96 \text{ (квар)}$$

Суммарная мощность НКУ:

$$Q_{\text{нкү}} = 1351,60 - 1129,96 = 222,3 \text{ (квар)}$$

Проводим расчет и выбор трансформаторов для остальных групп электроприемников, результаты расчета приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчетные данные выбору цеховых трансформаторов

Группа	P_p (кВт)	n_T	$S_{\text{треб}}$ (кВА)	$S_{\text{ном}}$ (кВА)	Q_m (квар)	$Q_{\text{нкү}}$ (квар)	Принятый тип трансформатора
1	1934,5	2	1381,79	1600	1129,30	222,30	ТСЛЗ-1600/6/0,4
2	1858,95	2	1327,82	1600	1249,76	39,51	ТСЛЗ-1600/6/0,4
3	627,09	2	447,92	630	620,23	-171,54	ТСЛЗ-630/6/0,4
4	510,774	2	364,84	400	229,59	136,97	ТСЛЗ-400/6/0,4

Рассмотрим основные характеристики данного типа трансформаторов: трехфазные сухие трансформаторы с литой изоляцией типа ТСЛЗ (с кожухом) мощностью 400-2500 кВА и класса напряжения 6 кВ предназначены для преоб-

разования электрической энергии в электросетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц. Устанавливаются в промышленных помещениях и общественных зданиях, к которым предъявляют повышенные требования в части пожаробезопасности, взрывозащищенности, экологической чистоты.

Основные технические характеристики данного типа трансформаторов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические данные трансформаторов

Параметр	ТСЛЗ-1600/6/0,4	ТСЛЗ-630/6/0,4	ТСЛЗ-400/6/0,4
Номинальное напряжение	6000/400 В	6000/400 В	6000/400 В
Номинальная полная мощность	1600 кВА	630 кВА	400 кВА
Потери холостого хода	3,1 кВт	1,75 кВт	0,82 кВт
Потери короткого замыкания	11,5 кВт	5,9 кВт	4,3 кВт
Ток холостого хода	1,3%	1,0%	1,0%
Напряжение короткого замыкания	6,0%	6,0%	6,0%

5 РАСЧЕТ ЦЭН И ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ТП ПП

Центр электрических нагрузок (ЦЭН) – точка, в которой показатели разброса потребителей электроэнергии в системе электроснабжения имеют наименьшее значение.

При проектировании систем электроснабжения важным является вопрос о наиболее выгодном расположении источника питания потребителей электроэнергии. Доказано, что наиболее оптимальным расположением источника питания является точка, в которой находится центр электрических нагрузок.

Расчет центра электрических нагрузок выполняем с помощью картограммы, которая представляет собой размещенные на генеральном плане цеха окружности (дуговые диаграммы), площадь которых соответствует расчетной мощности нагрузки потребителей.

Для каждой группы находим центр электрических нагрузок по следующей формуле [12]:

$$X = \frac{\sum(P_{i,p} \cdot X_i)}{\sum(P_{i,p})} \quad (11)$$

$$Y = \frac{\sum(P_{i,p} \cdot Y_i)}{\sum(P_{i,p})} \quad (12)$$

где $P_{i,p}$ – расчетная мощность нагрузки отдельного потребителя;

X_i – координаты каждого отдельного потребителя по оси X;

Y_i – координаты каждого отдельного потребителя по оси Y.

Радиус окружности рассчитывается отдельно для каждой группы электроприемников по следующей формуле:

$$R_i = \frac{\sum(P_{i,p})}{m \cdot \pi} \quad (13)$$

где m – принятый масштаб окружности, принимается произвольно исходя удобства отображения окружности на плане (кВт/м²).

Проводим расчеты на примере четвертой группы электроприемников, определяем координаты ЦЭН:

$$X = \frac{18,05 \cdot 10^3}{463,63} = 38,98 \text{ (м)}$$

$$Y = \frac{1,82 \cdot 10^3}{463,63} = 3,92 \text{ (м)}$$

Радиус окружности для четвертой группы электроприемников:

$$R_i = \frac{463,63}{40 \cdot 3,14} = 3,68 \text{ (м)}$$

Аналогично определяем координаты центров электрических нагрузок для остальных групп, результаты сводим в таблицу 9:

Таблица 9 – Расчет координат ЦЭН отдельных групп электроприемников

Группа	X (м)	Y (м)	R _i (м)
1	68,86	37,62	15,41
2	68,2	17,38	14,79
3	132,88	32,56	4,34
4	38,98	3,92	3,68

Далее по аналогичным формулам проводим расчет координат центра электрических нагрузок всего цеха, данный расчет понадобится для определения места расположения пункта приема электрической энергии

$$X_{цеха} = \frac{362,2 \cdot 10^3}{4,93 \cdot 10^3} = 73,45 \text{ (м)}$$

$$Y_{цеха} = \frac{1,27 \cdot 10^3}{463,63} = 25,83 \text{ (м)}$$

Расчет координат центров электрических нагрузок показывает, что ТП и РУ 0,4 кВ питающие каждую группу должны находиться непосредственно в производственном помещении, что не может быть организовано по следующим причинам: электрооборудование не может надежно функционировать в условиях агрессивной химической среды, следовательно, оно должно быть расположено в отдельном помещении. Так как в помещении цеха отсутствует место для расположения электрооборудования его следует расположить в одном месте с пунктом приема электрической энергии. Пункт приема электрической энергии согласно расчета должен располагаться также в цеху между первой и второй цепочками флотации, что также не может быть реализовано. Следовательно, принимаем решение расположить его со смещением в сторону ГПП. Расположение пункта приема электрической энергии и центров электрических нагрузок указано на рисунке 2.

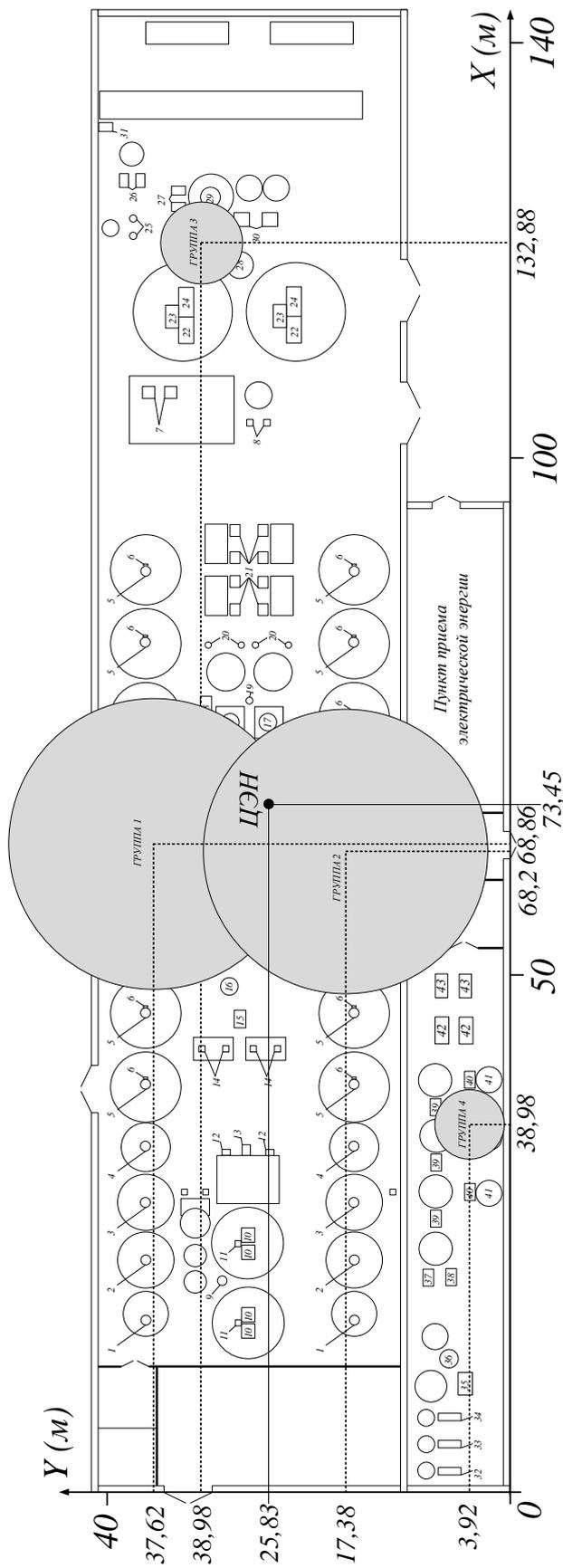


Рисунок 2 – Расчет координат центров электрических нагрузок

6 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ НИЗКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

6.1 Разработка вариантов схемы низковольтного электроснабжения цеха

В данном разделе проводится разработка и сравнение двух вариантов систем низковольтного электроснабжения.

Системы электроснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать следующее:

- 1) экономичность;
- 2) надежность электроснабжения;
- 3) безопасность и удобство эксплуатации;
- 4) качество электрической энергии;
- 5) гибкость системы (возможность дальнейшего развития);
- 6) максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей.

Выбор системы электроснабжения промышленного предприятия должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов. При создании системы электроснабжения необходимо учитывать категорию приемников электроэнергии. При определении категории следует руководствоваться требованиями ПУЭ. При этом надо избегать необоснованного отнесения электроприемников к более высокой категории. Электроприемники и отделения цехов разной категории рассматриваются как объекты с разными условиями резервирования.

Надежность электроснабжения потребителя обеспечивается требуемой степенью резервирования. Электроприемники первой и второй категорий должны иметь резервные источники питания. Резервирование необходимо для продолжения работы основного производства в послеаварийном режиме. Питание электроприемников третьей категории не требует резервирования.

В соответствии с ПУЭ для электроприемников первой категории должны предусматриваться два независимых взаимно резервируемых источника питания.

В ряде электроприемников первой категории необходимо выявлять наиболее ответственные (особая группа приемников). Для них предусматривается третий независимый источник питания. В качестве третьего источника питания для особой группы и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы собственные электростанции или электростанции энергосистемы (в частности, шины генераторного напряжения), агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п. Назначение третьего независимого источника питания – обеспечение безаварийного останова производства. Завышение мощности третьего источника в целях использования его для продолжения работы производства при отключении двух основных независимых источников питания может быть допущено только при выполнении в проекте технико-экономического обоснования.

Ко второй категории следует относить только такое технологическое оборудование, без которого невозможно продолжение работы основного производства на время послеаварийного режима.

Для правильного решения вопросов надежности необходимо различать аварийный и послеаварийный режимы работы. Систему электроснабжения следует строить таким образом, чтобы она в послеаварийном режиме обеспечивала функционирование после необходимых переключений. Мощности независимых источников питания в послеаварийном режиме определяются по степени резервирования системы. При этом используются все дополнительные источники и возможности резервирования.

Первый вариант системы электроснабжения представлен на рисунке 3, второй вариант на рисунке 4

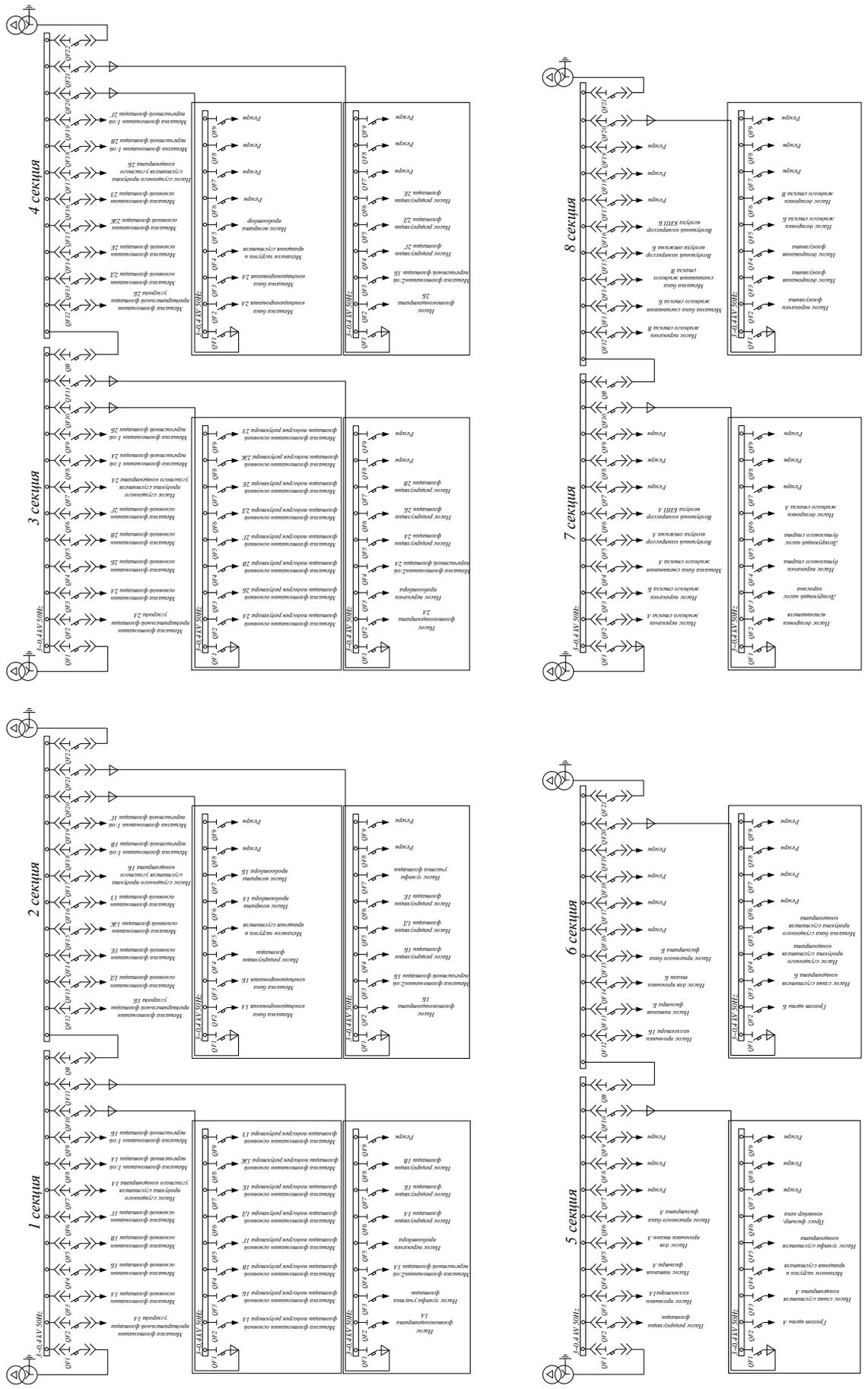


Рисунок 3 – Вариант №1 системы низковольтного электроснабжения

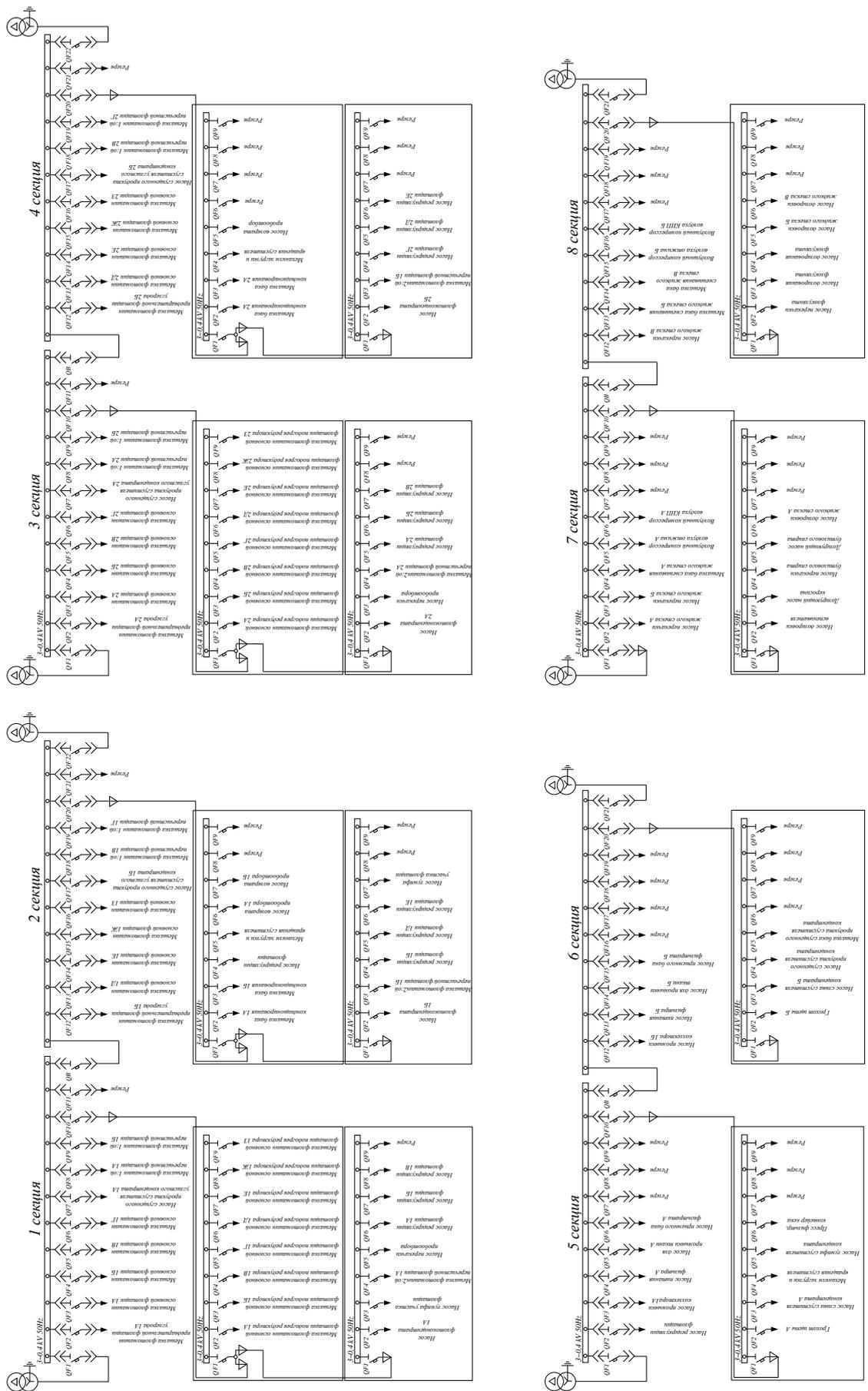


Рисунок 4 – Вариант №2 системы низковольтного электроснабжения

Рассмотрим подробно оба варианта.

Первый вариант – электроснабжение каждой группы потребителей осуществляется от 2-х трансформаторной ТП со схемой на стороне НН «две секции шин» объединённых секционным выключателем и устройством АВР, непосредственно на шины секций подключаются потребители большой мощности, остальные потребители распределяются по распределительным пунктам. Схема выполнена кабельными линиями. В схеме электроснабжения первой и второй групп подключение распределительных пунктов выполнено по радиальной схеме. Третья и четвертая группа в первом и втором вариантах не отличаются по схеме подключения потребителей.

Второй вариант так же выполняется на основании кабельных связей. Отличие от первого варианта это подключение распределительных пунктов первой и второй групп электроприемников по магистральной схеме.

6.2 Расчет внутрицеховых электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок для каждой категории потребителей выполнен в разделе №3, полученные в ходе расчета данные применяются для последующего выбора и проверки оборудования.

6.3 Выбор номинального напряжения

При проектировании системы электроснабжения промышленного предприятия одновременно с разработкой вопроса о конфигурации решается вопрос о выборе ее номинального напряжения. Шкала номинальных линейных напряжений электрических сетей установлена ГОСТ 721-77 и составляет следующий ряд: 0,23 кВ; 0,38 кВ; 0,66 кВ.

Выбор номинального напряжения выполняем исходя из номинального напряжения основной части потребителей которые присутствуют на данном предприятии а в частности это асинхронные электрические двигатели подключаемы в сеть переменного тока промышленной частоты 50 Гц, линейным напряжением 380 В, однофазные потребители к примеру освещение имеют уровень номинального напряжения 220 В и подключаются соответ-

ственно на фазное напряжение. Исходя из вышесказанного принимаем уровень номинального напряжения для питания потребителей цеха флотации 380В.

6.4 Выбор марки и сечения проводников

В данном разделе проводим расчет сечения проводников и выбор типа кабеля для питания потребителей цеха флотации.

Сечения кабельных линий электропередачи выбираются по условиям нагрева токами нагрузки с последующей проверкой по допустимой потере напряжения при нормальном режиме работы.

Для выбора сечений линий КЛ 0,4 кВ определяется расчетный ток и выбирается стандартное сечение соответствующее ближайшему большему длительно-допустимому току.

Выбор по длительно допустимому току сводится к сравнению расчетного тока с длительно допустимым [1]:

$$I_p \leq I_{\text{дд}} \quad (14)$$

где I_p – расчетный ток в сечении;

$I_{\text{дд}}$ – длительно допустимый ток для определенного типа проводника (КЛ), определяется по следующему выражению [1]:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{дон}} \cdot k_{\text{ср}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot k_{\text{нов}} \quad (15)$$

где $I_{\text{дон}}$ – допустимый длительный ток одиночного проводника.

$k_{\text{ср}}$ – коэффициент, учитывающий температуру среды отличную от расчетной;

$k_{\text{сн}}$ – коэффициент снижения токовой нагрузки при групповой прокладке кабелей (при прокладке в кабельных лотках принимается равным 0,92);

$k_{\text{нов}}$ – коэффициент повышения допустимого тока при недогрузке отдельных кабелей.

Расчетный ток в сечении определяется по выражению:

$$I_P = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (16)$$

где S_p – расчетная мощности в сечении кабельной линии;

U_n – номинальное линейное напряжение кабеля.

Для примера проводим расчет сечения кабеля для питания «мешалки бака кондиционирования», которая получает питание непосредственно с шин секции № 1 0,4 кВ (группа потребителей №1):

$$I_P = \frac{P_{ном} \cdot k_u}{\cos \varphi \cdot \eta \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4}$$

где η – коэффициент полезного действия двигателя (0,88);

k_u – коэффициент использования механизма.

$$I_P = \frac{30 \cdot 0,9}{0,9 \cdot 0,88 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 52,1 \text{ (A)}$$

Для полученного значения подбираем соответствующее сечение кабеля.

Принимаем на данном участке кабель типа АВВГнг-LS 3×16+1×10 с виниловой изоляцией и алюминиевыми жилами, длительно допустимым током 62 А, прокладка кабеля осуществляется в кабельном лотке в группе с другими кабелями, следовательно вводятся поправочные коэффициенты на длительно допустимый ток. Длительно допустимый ток для данного проводника составит:

$$I_{до} = 62,0 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 1 = 57,04 \text{ (A)}$$

Длительно допустимый ток выбранного типа кабеля больше расчетного в данном сечении, следовательно, этот тип кабеля принимается.

Предварительно проводим расчет и выбор типа и сечения кабельных линий для первого варианта системы электроснабжения, результаты расчета приведены в таблице 10, 11, 12, 13.

Расчет сечений кабеле для второго варианта практически идентичен первому, отличием являются участки РУ 0,4 кВ – ПР-1, 2, 5, 6 подключенные по магистральной схеме, результаты расчета для них указаны в таблице 14.

Таблица 10 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току первой группы электроприемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Марка и сечение кабеля	$I_{до}$ (А)
Мешалка бака кондиционирования	52,77	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Мешалка бака кондиционирования	52,77	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Мешалка флотомашин основной флотации	325,43	АВВГнг-LS 3×185+1×95	365,2
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	3,52	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос рециркуляции флотации	15,99	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	43,61	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Механизм загрузки и вращения сгустителя	5,98	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос возврата пробоотбора	10,28	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос возврата пробоотбора	14,02	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос флококцентрата	11,80	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос зумпфа участка флотации	65,42	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	38,70	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	65,09	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
Насос перекачки пробоотбора	9,14	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос зумпфа участка флотации	61,47	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
Насос рециркуляции флотации	49,84	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Насос рециркуляции флотации	18,27	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
РУ 0,4 кВ - ПР-1	28,16	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
РУ 0,4 кВ - ПР-2	152,62	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
РУ 0,4 кВ - ПР-3	162,56	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
РУ 0,4 кВ - ПР-4	135,15	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4

Таблица 11 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току второй группы электроприемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Марка и сечение кабеля	$I_{до}$ (А)
Мешалка бака кондиционирования	52,77	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Мешалка бака кондиционирования	52,77	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Мешалка флотомашин основной флотации	325,43	АВВГнг-LS 3×185+1×95	365,2
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	3,52	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	43,61	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Механизм загрузки и вращения сгустителя	5,98	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос возврата пробоотбора	10,28	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос флотоконцентрата	14,02	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	38,70	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	65,09	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
Насос перекачки пробоотбора	9,14	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос рециркуляции флотации	49,84	АВВГнг-LS 3×16+1×10	57,04
Насос рециркуляции флотации	18,27	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
РУ 0,4 кВ - ПР-5	28,16	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
РУ 0,4 кВ - ПР-6	71,15	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
РУ 0,4 кВ - ПР-7	68,16	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
РУ 0,4 кВ - ПР-8	59,85	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6

Таблица 12 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току третьей группы электроприемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Марка и сечение кабеля	$I_{до}$ (А)
1	2	3	4
Грохот щепы	2,99	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос слива сгустителя концентрата	10,90	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос рециркуляции флотации	205,59	АВВГнг-LS 3×150+1×70	222,6
Механизм загрузки и вращения сгустителя	2,66	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	10,28	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос для промывки ткани	34,58	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос для промывки коллектора	140,18	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Насос питания фильтра	205,59	АВВГнг-LS 3×150+1×70	222,6
Насос зумпфа сгустителя концентрата	41,12	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	32,54	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Насос приемного бака фильтрата	20,56	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
Пресс-фильтр, конвейер кека	9,75	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
РУ 0,4 кВ - ПР-9	68,9	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
РУ 0,4 кВ - ПР-10	42,14	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32

Таблица 13 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току четвертой группы приемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Марка и сечение кабеля	$I_{до}$ (А)
Насос дозировки вспенивателя	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Дозирующий насос керосина	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Насос перекачки бутилового спирта	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Дозирующий насос бутилового спирта	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Насос перекачки флокулянта	14,02	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Насос дозирования флокулянта	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Насос дозирования флокулянта	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Насос дозировки жидкого стекла	1,03	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
Насос перекачки жидкого стекла	140,18	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	19,35	АВВГнг-LS 3×10+1×6	42,32
Воздушный компрессор воздуха отжима	144,86	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4
Воздушный компрессор воздуха КИП	72,43	АВВГнг-LS 3×25+1×16	73,6
РУ 0,4 кВ - ПР-11	5,15	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32
РУ 0,4 кВ - ПР-12	18,12	АВВГнг-LS 3×2,5+1×1,5	19,32

Таблица 14 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току второго варианта системы электроснабжения

Наименование потребителя	I_p (А)	Марка и сечение кабеля	$I_{до}$ (А)
РУ 0,4 кВ - ПР-1	190,72	АВВГнг-LS 3×150+1×70	222,6
РУ 0,4 кВ - ПР-2	287,77	АВВГнг-LS 3×185+1×95	365,2
РУ 0,4 кВ - ПР-5	96,31	АВВГнг-LS 3×50+1×25	115,92
РУ 0,4 кВ - ПР-6	131,0	АВВГнг-LS 3×95+1×50	168,4

Проводники выбраны верно, далее проводим выбор распределительных шкафов для подключения небольших потребителей

6.5 Выбор распределительных шкафов

Для питания групп потребителей небольшой мощности в данной работе рассматриваются распределительные шкафы представляющие собой компактное распределительно устройство включающее в себя вводной автомат шины и автоматические выключатели для подключения потребителей.

В данном разделе проводим выбор распределительных шкафов для цеха флотации Маломирского рудника, общее количество шкафов 12, тип шкафа принимаемого к установке ПР-1.

Основными условиями выбора распределительного шкафа является соответствие номинального напряжения и номинального тока шин [6].

$$U_{ном} \geq U_{ном.сети} \quad (17)$$

$$I_{ном.ш} \geq I_p \quad (18)$$

Приводим выбор распределительных шкафов для всех групп электроприемников, сравнение расчётных данных с паспортными указано в таблице 15.

Таблица 15 – Выбор распределительных шкафов

Номинальные параметры распределительного шкафа		Расч. данные	Условия выбора
1		2	3
ПР-1			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-100-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	28,16	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-2			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	250	152,62	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-3			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	250	162,56	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-4			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	250	135,15	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-5			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	28,16	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-6			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	71,15	$I_{ном.ш} \geq I_p$

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
ПР-7			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	68,16	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-8			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	59,85	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-9			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	68,9	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-10			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	42,14	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-11			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	5,15	$I_{ном.ш} \geq I_p$
ПР-12			
Принятый тип РШ		ПР-2 -1-0800-250-21 УЗ	
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	0,4	0,4	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	100	18,12	$I_{ном.ш} \geq I_p$

Далее проводим расчет токов короткого замыкания и выбор автоматических выключателей для данных шкафов.

6.6 Расчет токов трехфазного короткого замыкания

В данном разделе проводим расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ с целью последующей проверки коммутационных аппаратов.

Расчет проводим на примере точки короткого замыкания на шинах ПР-1.

ТЛСЗ 1600/6/0,4 кВ

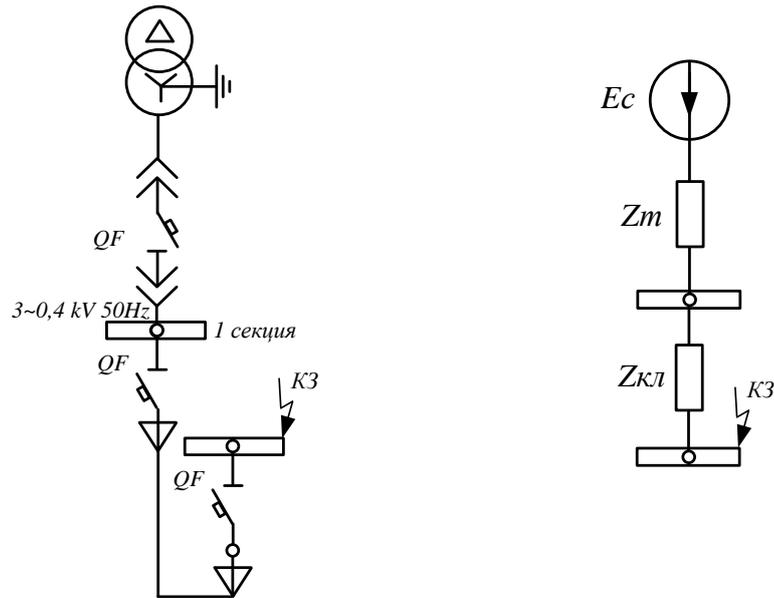


Рисунок 5 – Расчетная схема и схема замещения

Ток трехфазного короткого замыкания в рассматриваемой точке определяется как [16]:

$$I_{по} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (19)$$

где R_p , X_p – результирующее и активное сопротивление до точки КЗ;

U_{cp} – напряжение среднего ряда.

Результирующее активное сопротивление определяется как [16]:

$$R_p = R_m + R_{кат} + R_{кон} + R_{кл} \quad (20)$$

где R_m – активное сопротивление трансформатора;

$R_{кат}$ – активное сопротивление катушки расцепителя АВ;

$R_{кон}$ – активное сопротивление контактов АВ;

$R_{кл}$ – активное сопротивление кабельной линии.

Результирующее реактивное сопротивление определяется как [16]:

$$X_p = X_m + X_{кат} + X_{кл} \quad (21)$$

где X_m – реактивное сопротивление трансформатора;

$X_{кат}$ – реактивное сопротивление катушки расцепителя АВ;

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

Сопротивление трансформатора [14]:

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_{ср}^2}{S_{ном}^2} \quad (22)$$

где $\Delta P_{кз}$ – потери короткого замыкания.

$$X_m = \frac{u_p \cdot U_{ср}^2}{S_{ном}} \quad (23)$$

где u_p – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора.

Реактивная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора [14]:

$$u_p = \sqrt{u_k - \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100}{S_{ном}}} \quad (24)$$

где u_p – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора.

Сопротивление кабельной линии [14]:

$$R_l = r_0 \cdot L \quad (25)$$

$$X_l = x_0 \cdot L \quad (26)$$

где r_0, x_0 - удельное активное и реактивное сопротивление кабельной линии

L - протяженность кабельной линии.

Определяем сопротивления на рассматриваемом участке сети

Сопротивление трансформатора:

$$R_m = \frac{3,1 \cdot 400^2}{1600^2} = 0,001 \text{ (Ом)}$$

$$X_m = \frac{2,41 \cdot 400^2}{100 \cdot 1600} = 0,004 \text{ (Ом)}$$

$$u_p = \sqrt{6 - \frac{3,1 \cdot 100}{1600}} = 0,41 \text{ (\%)}$$

Сопротивление кабельной линии:

$$R_l = 3,12 \cdot \frac{64}{1000} = 0,2 \text{ (Ом)}$$

$$X_l = 0,073 \cdot \frac{64}{1000} = 0,004 \text{ (Ом)}$$

Активное сопротивление контактов и катушек расцепителей определяем согласно справочным данным [5]/

Определяем результирующее сопротивление до точки КЗ.

$$R_p = 0,001 + (0,1 + 2 \cdot 0,15) \cdot 10^{-3} + (0,2 + 2 \cdot 0,4) \cdot 10^{-3} + 0,2 = 0,202 \text{ (Ом)}$$

$$X_p = 0,004 + (0,09 + 2 \cdot 0,1) \cdot 10^{-3} + 0,004 = 0,008 \text{ (Ом)}$$

Ток трехфазного короткого замыкания в рассматриваемой точке:

$$I_{по} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,39^2 + 0,41^2}} = 1,14 \text{ (кА)}$$

Аналогично проводим расчет токов КЗ в остальных точках КЗ, результаты расчетов приведены в таблицах.

Таблица 16 – Расчет токов короткого замыкания первой группы

Наименование точки КЗ	$I_{\text{по}}$ (кА)
Мешалка бака кондиционирования	1,53
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,53
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,54
Мешалка бака кондиционирования	1,59
Мешалка флотомашин основной флотации	9,84
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	1,01
Насос рециркуляции флотации	1,19
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,54
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,11
Насос возврата пробоотбора	1,12
Насос возврата пробоотбора	1,12
Насос флотоконцентрата	1,16
Насос зумпфа участка флотации	1,98
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	1,55
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	1,99
Насос перекачки пробоотбора	1,13
Насос зумпфа участка флотации	1,98
Насос рециркуляции флотации	1,52
Насос рециркуляции флотации	1,1
ПР-1	1,14
ПР-2	4,59
ПР-3	4,65
ПР-4	4,69

Таблица 17 – Расчет токов короткого замыкания второй группы

Наименование потребителя	$I_{\text{по}}$ (кА)
Мешалка бака кондиционирования	1,59
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,51
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,34
Мешалка бака кондиционирования	1,62
Мешалка флотомашин основной флотации	9,85
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	1,5
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,25
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,65
Насос возврата пробоотбора	1,68
Насос флотоконцентрата	1,29
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	1,29
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	1,98
Насос перекачки пробоотбора	1,19
Насос рециркуляции флотации	1,86
Насос рециркуляции флотации	1,45
ПР-5	1,77

ПР-6	1,99
ПР-7	1,95
ПР-8	1,94

Таблица 18 – Расчет токов короткого замыкания третьей группы

Наименование потребителя	$I_{\text{по}}$ (кА)
Грохот щепы	1,22
Насос слива сгустителя концентрата	1,24
Насос рециркуляции флотации	6,01
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,56
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	1,51
Насос для промывки ткани	1,69
Насос для промывки коллектора	4,54
Насос питания фильтра	6,25
Насос зумпфа сгустителя концентрата	1,19
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	1,33
Насос приемного бака фильтрата	1,24
Пресс-фильтр, конвейер кека	1,34
ПР-9	1,98
ПР-10	1,12

Таблица 19 – Расчет токов короткого замыкания четвертой группы

Наименование потребителя	$I_{\text{по}}$ (кА)
Насос дозировки вспенивателя	0,58
Дозирующий насос керосина	0,57
Насос перекачки бутилового спирта	0,58
Дозирующий насос бутилового спирта	0,54
Насос перекачки флокулянта	0,53
Насос дозирования флокулянта	0,51
Насос дозирования флокулянта	0,52
Насос дозировки жидкого стекла	0,56
Насос перекачки жидкого стекла	4,54
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	1,56
Воздушный компрессор воздуха отжима	4,59
Воздушный компрессор воздуха КИП	1,99
ПР-11	0,52
ПР-12	0,49

Аналогично проводится расчет токов короткого замыкания второй группы, результаты представлены в приложении Б.

6.7 Расчет токов однофазного короткого замыкания

Расчет проводим на примере точки короткого замыкания на шинах ПР-1

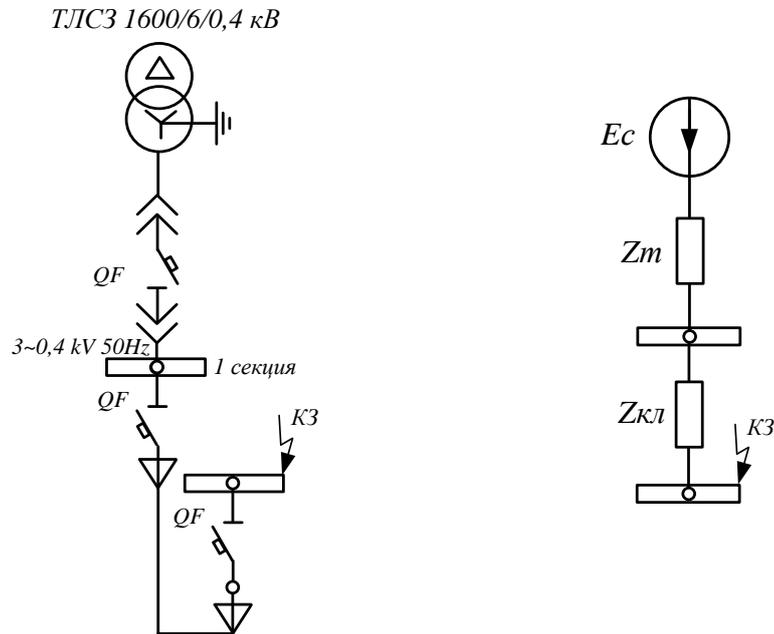


Рисунок 6 – Расчетная схема и схема замещения

Ток однофазного короткого замыкания в рассматриваемой точке определяется как [16]:

$$I_{\text{по}} = \frac{U_{\text{ср}}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\text{ПТ}}} \quad (27)$$

где Z_T - полное сопротивление трансформатора току однофазного замыкания на корпус, принимается согласно справочным данным [5].

$Z_{\text{ПТ}}$ - полное сопротивление петли фаза-нуль от трансформатора до точки КЗ, принимается согласно справочным данным в зависимости от типа проводника [5].

Сопротивления контактов шин, аппаратов, трансформаторов тока в данном методе не учитываются, поскольку арифметическая сумма $Z_T/3$ и $Z_{\text{ПТ}}$ создает не который запас.

$$I_{по} = \frac{0,4}{0,006 + 0,59} = 1,67 \text{ (кА)}$$

Далее проводим данный расчет для остальных точек короткого замыкания, результаты сведены в таблицы

Таблица 20 – Расчет токов однофазного короткого замыкания первой группы

Наименование точки КЗ	$I_{по}$ (кА)
Мешалка бака кондиционирования	2,23
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	6,61
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	6,63
Мешалка бака кондиционирования	2,32
Мешалка флотомашин основной флотации	14,37
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	1,47
Насос рециркуляции флотации	1,74
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	2,25
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,62
Насос возврата пробоотбора	1,64
Насос возврата пробоотбора	1,64
Насос флотоконцентрата	1,69
Насос зумпфа участка флотации	2,89
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	2,26
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	2,91
Насос перекачки пробоотбора	1,65
Насос зумпфа участка флотации	2,89
Насос рециркуляции флотации	2,22
Насос рециркуляции флотации	1,61
ПР-1	1,67
ПР-2	6,70
ПР-3	6,79
ПР-4	6,85

Таблица 21 – Расчет токов однофазного короткого замыкания второй группы

Наименование потребителя	$I_{по}$ (кА)
Мешалка бака кондиционирования	2,32
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	6,58
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	6,34
Мешалка бака кондиционирования	2,37
Мешалка флотомашин основной флотации	14,38
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	2,19
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,83

Механизм загрузки и вращения сгустителя	2,41
Насос возврата пробоотбора	2,45
Насос флотоконцентрата	1,88
Мешалка флотомашин 2:ой перемешивающей флотации	1,88
Мешалка флотомашин 1:ой перемешивающей флотации	2,89
Насос перекачки пробоотбора	1,74
Насос рециркуляции флотации	2,72
Насос рециркуляции флотации	2,12
ПР-5	2,58
ПР-6	2,91
ПР-7	2,85
ПР-8	2,83

Таблица 22 – Расчет токов однофазного короткого замыкания третьей группы

Наименование потребителя	$I_{по}$ (кА)
Грохот щепы	1,78
Насос слива сгустителя концентрата	1,81
Насос рециркуляции флотации	8,77
Механизм загрузки и вращения сгустителя	2,28
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	2,20
Насос для промывки ткани	2,47
Насос для промывки коллектора	6,63
Насос питания фильтра	9,13
Насос зумпфа сгустителя концентрата	1,74
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	1,94
Насос приемного бака фильтрата	1,81
Пресс-фильтр, конвейер кека	1,96
ПР-9	2,89
ПР-10	1,64

Таблица 23 – Расчет токов однофазного короткого замыкания четвертой группы

Наименование потребителя	$I_{по}$ (кА)
Насос дозировки вспенивателя	0,85
Дозирующий насос керосина	0,83
Насос перекачки бутилового спирта	0,85
Дозирующий насос бутилового спирта	0,79
Насос перекачки флокулянта	0,77
Насос дозирования флокулянта	0,74
Насос дозирования флокулянта	0,76
Насос дозировки жидкого стекла	0,82
Насос перекачки жидкого стекла	6,63
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	2,28
Воздушный компрессор воздуха отжима	6,70

Воздушный компрессор воздуха КИП	2,91
ПР-11	0,76
ПР-12	0,72

Аналогично проводится расчет токов короткого замыкания второй группы, результаты представлены в приложении Б.

6.8 Проверка проводников

Выполняем проверку выбранных сечений по потере напряжения по следующей формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{U_n} \quad (28)$$

где r_0 – активное сопротивление кабельной линии;

x_0 – реактивное сопротивление кабельной линии.

Расчет проводим на примере кабельной линии питающей ПР-1

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 28,16 \cdot 60 \cdot (0,002 \cdot 0,75 + 0,0002 \cdot 0,51) \cdot \frac{100}{400} = 1,16 (\%)$$

Данное значение менее предельного в 5%, следовательно изменение сечения не требуется, далее проводим расчет для остальных линий, результаты приведены в таблицах 24, 25, 26, 27:

Таблица 24 – Проверка кабельных линий первой группы на потерю напряжения

Наименование точки	ΔU (%)
Мешалка бака кондиционирования	0,74
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	0,69
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	0,15
Мешалка бака кондиционирования	1,25
Мешалка флотомашин основной флотации	1,26
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	1,24
Насос рециркуляции флотации	0,98
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,66
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,25
Насос возврата пробоотбора	1,89
Насос возврата пробоотбора	2,0
Насос флотоконцентрата	1,26
Насос зумпфа участка флотации	1,47
Мешалка флотомашин 2:ой пересчетной флотации	2,01
Мешалка флотомашин 1:ой пересчетной флотации	2,03

Насос перекачки пробоотбора	1,99
Насос зумпфа участка флотации	1,82
Насос рециркуляции флотации	1,23
Насос рециркуляции флотации	1,58
ПР-1	1,16
ПР-2	1,22
ПР-3	1,56
ПР-4	1,54

Таблица 25 – Проверка кабельных линий второй группы на потерю напряжения

Наименование потребителя	ΔU (%)
Мешалка бака кондиционирования	1,60
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	2,58
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	2,48
Мешалка бака кондиционирования	1,93
Мешалка флотомашин основной флотации	1,64
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	1,63
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,72
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,71
Насос возврата пробоотбора	1,73
Насос флотоконцентрата	1,74
Мешалка флотомашин 2:ой перечистной флотации	1,74
Мешалка флотомашин 1:ой перечистной флотации	1,13
Насос перекачки пробоотбора	0,68
Насос рециркуляции флотации	1,06
Насос рециркуляции флотации	0,68
ПР-5	0,71
ПР-6	1,14
ПР-7	1,12
ПР-8	1,11

Таблица 26 – Проверка кабельных линий третьей группы на потерю напряжения

Наименование потребителя	ΔU (%)
Грохот щепы	1,70
Насос слива сгустителя концентрата	1,71
Насос рециркуляции флотации	2,44
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,74
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	2,71
Насос для промывки ткани	2,74
Насос для промывки коллектора	2,60
Насос питания фильтра	1,58
Насос зумпфа сгустителя концентрата	1,68
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	1,76

Насос приемного бака фильтра	1,71
Пресс-фильтр, конвейер кека	1,77
ПР-9	1,13
ПР-10	1,64

Таблица 27 – Проверка кабельных линий четвертой группы на потерю напряжения

Наименование потребителя	ΔU (%)
Насос дозировки вспенивателя	1,18
Дозирующий насос керосина	1,17
Насос перекачки бутилового спирта	1,18
Дозирующий насос бутилового спирта	1,16
Насос перекачки флокулянта	1,15
Насос дозирования флокулянта	1,14
Насос дозирования флокулянта	1,14
Насос дозировки жидкого стекла	1,17
Насос перекачки жидкого стекла	2,60
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	1,74
Воздушный компрессор воздуха отжима	2,63
Воздушный компрессор воздуха КИП	1,14
ПР-11	1,18
ПР-12	1,19

Все проводники проходят проверку. Для второго варианта расчет приведен в приложении В.

6.9 Выбор и проверка коммутационной аппаратуры

В данном разделе проводим выбор и проверку автоматических выключателей, для питания как секций 0,4 кВ так и подключенных от них потребителей а так же автоматических выключателей для пунктов распределения электрической энергии.

Условия выбора и проверки автоматического выключателя:

1. Соответствие номинального напряжения автоматического выключателя номинальному напряжению сети [17]:

$$U_{\text{выкл}} \geq U_{\text{сети}} \quad (29)$$

2. Номинальный ток расцепителя должен быть не меньше наибольшего расчетного тока нагрузки, длительно протекающего по защитному элементу:

$$I_{расц} \geq I_p \quad (30)$$

3. Проверка осуществляется по току электромагнитного расцепителя:

$$I_{расц} \geq k_n \cdot I_n \quad (31)$$

где I_n - пиковый (пусковой) ток ЭП;

k_n - коэффициент отстройки от пускового тока

Для примера проводим выбор и проверку автоматического выключателя для питания «мешалки бака кондиционирования» которая получает питание непосредственно с шин секции №1 0,4 кВ (группа потребителей №1), определяем расчетный ток:

$$I_p = \frac{30 \cdot 0,9}{0,9 \cdot 0,88 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 52,1 \text{ (A)}$$

Выбираем по номинальному току и напряжению автоматический выключатель типа ВА57-35-344770 номинальным током 63 А, проводим сравнение параметров выбранного типа выключателя.

По номинальному напряжению сети напряжению сети

$$0,4 \geq 0,4 \text{ (кВ)}$$

Отстройка от номинального тока

$$63,0 \geq 52,1 \text{ (A)}$$

Отстройка от пускового тока, определяем значение пускового тока эл двигателя:

$$I_n = k_n \cdot I_p \quad (32)$$

где k_n - коэффициент кратности пускового тока эл двигателя

$$I_n = 7 \cdot 52,1 = 364,7 \text{ (A)}$$

$$400 \geq 364,7 \text{ (A)}$$

Таким образом данный выключатель проходит проверку по всем параметрам следовательно его принимаем к установке, аналогично проводим расчет автоматических выключателей для остальных присоединений, результаты расчета указаны в таблицах

Таблица 28 – Выбор и проверка автоматических выключателей первой группы электроприемников

Наименование потребителя	I_P (А)	Тип АВ	$I_{ном АВ}$ (А)	$I_{расч}$ (А)
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин основной флотации	325,43	ВА53-41-134770	400	2500
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	3,52	ВА57-35-344770	40	400
Насос рециркуляции флотации	15,99	ВА57-35-344770	40	400
Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	43,61	ВА57-35-344770	63	400
Механизм загрузки и вращения сгустителя	5,98	ВА57-35-344770	40	400
Насос возврата пробоотбора	10,28	ВА57-35-344770	40	400
Насос возврата пробоотбора	14,02	ВА57-35-344770	40	400
Насос флотоконцентрата	11,80	ВА57-35-344770	40	400
Насос зумпфа участка флотации	65,42	ВА57-35-344770	100	630
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	38,70	ВА57-35-344770	40	400
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	65,09	ВА57-35-344770	100	630
Насос перекачки пробоотбора	9,14	ВА57-35-344770	40	400
Насос зумпфа участка флотации	61,47	ВА57-35-344770	100	630
Насос рециркуляции флотации	49,84	ВА57-35-344770	63	400
Насос рециркуляции флотации	18,27	ВА57-35-344770	40	400
ПР-1	28,16	ВА57-35-344770	40	400
ПР-2	152,62	ВА53-41-134770	160	1600
ПР-3	162,56	ВА53-41-134770	160	1600
ПР-4	135,15	ВА53-41-134770	160	1600

Таблица 29 – Выбор и проверка автоматических выключателей второй группы электроприемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Тип АВ	$I_{ном АВ}$ (А)	$I_{расц}$ (А)
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин основной флотации	325,43	ВА53-41-134770	400	2500
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	3,52	ВА57-35-344770	40	400
Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	43,61	ВА57-35-344770	63	400
Механизм загрузки и вращения сгустителя	5,98	ВА57-35-344770	40	400
Насос возврата пробоотбора	10,28	ВА57-35-344770	40	400
Насос флотоконцентрата	14,02	ВА57-35-344770	40	400
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	38,70	ВА57-35-344770	40	400
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	65,09	ВА57-35-344770	100	630
Насос перекачки пробоотбора	9,14	ВА57-35-344770	40	400
Насос рециркуляции флотации	49,84	ВА57-35-344770	63	400
Насос рециркуляции флотации	18,27	ВА57-35-344770	40	400
ПР-5	28,16	ВА57-35-344770	40	400
ПР-6	71,15	ВА57-35-344770	100	630
ПР-7	68,16	ВА57-35-344770	100	630
ПР-8	59,85	ВА57-35-344770	63	400

Таблица 30 – Выбор и проверка автоматических выключателей третьей группы электроприемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Тип АВ	$I_{ном АВ}$ (А)	$I_{расц}$ (А)
Грохот щепы	2,99	ВА57-35-344770	40	400
Насос слива сгустителя концентрата	10,90	ВА57-35-344770	40	400
Насос рециркуляции флотации	205,59	ВА53-41-134770	400	2500
Механизм загрузки и вращения сгустителя	2,66	ВА57-35-344770	40	400
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	10,28	ВА57-35-344770	40	400
Насос для промывки ткани	34,58	ВА57-35-344770	40	400
Насос для промывки коллектора	140,18	ВА53-41-134770	160	1600
Насос питания фильтра	205,59	ВА53-41-134770	400	2500
Насос зумпфа сгустителя концентрата	41,12	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя	32,54	ВА57-35-344770	40	400

теля концентрата				
Насос приемного бака фильтра	20,56	BA57-35-344770	40	400
Пресс-фильтр, конвейер кека	9,75	BA57-35-344770	40	400
ПР-9	68,9	BA57-35-344770	100	630
ПР-10	42,14	BA57-35-344770	63	400

Таблица 31 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току четвертой группы приемников

Наименование потребителя	I_p (А)	Тип АВ	$I_{ном АВ}$ (А)	$I_{расч}$ (А)
Насос дозировки вспенивателя	1,03	BA57-35-344770	16	250
Дозирующий насос керосина	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос перекачки бутилового спирта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Дозирующий насос бутилового спирта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос перекачки флокулянта	14,02	BA57-35-344770	16	250
Насос дозирования флокулянта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос дозирования флокулянта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос дозировки жидкого стекла	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос перекачки жидкого стекла	140,18	BA53-41-134770	160	1600
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	19,35	BA57-35-344770	40	400
Воздушный компрессор воздуха отжима	144,86	BA53-41-134770	160	1600
Воздушный компрессор воздуха КИП	72,43	BA57-35-344770	100	630
ПР-11	5,15	BA57-35-344770	16	250
ПР-12	18,12	BA57-35-344770	40	400

Все выбранные выключатели проходят проверку по всем параметрам следовательно их принимаем к установке. Для второго варианта расчет приведен в приложении Г.

6.10 Выбор оптимального варианта схемы низковольтного электропитания

При выполнении данной работы было разработано два варианта системы низковольтного электропитания при этом отличие первого варианта от второго крайне незначительно и сравнение их по экономическим показателям не рационально, большее значение в данной ситуации имеет надежность электропитания тк остановка работы потребителей приводит к нарушению сложного технологического процесса.

Выполним сравнение двух вариантов системы электропитания, в пользу первого варианта следует отнести независимое питание каждого распределенного

тельного шкафа что в значительной степени повышает надежность электропитания при разного рода повреждениях т.к. отключение происходит только одного ПР, в случае второго варианта при магистральной схеме питания короткое замыкание на головном участке кабельной линии приводит к длительному отключению нескольких ПР, что недопустимо в данной схеме электропитания.

Окончательно принимаем к реализации первый вариант системы электропитания.

6.11 Конструктивное исполнение схемы низковольтного электропитания и прокладка линий

Питающие низковольтные сети выполняем кабелем, способ прокладки в канале. Распределительные сети по первому варианту выполняются распределительными кабелем в канале и в трубах.

Шкафы ПР изготавливаются напольного исполнения. Эти шкафы предназначены для распределения электроэнергии, защиты электроустановок при перегрузках и токах к.з.

Для прокладки выбранных кабелей питающих распределительные пункты выбран способ прокладки в трубах и кабельных коробах. Подводка питающих кабелей от распределительных пунктов непосредственно к потребителям также выполняется трубным способом. Соединения и присоединения труб к коробкам, аппаратам и электроприемникам выполняют без специального уплотнения, уплотненными (для защиты труб от попадания в них пыли, влаги, едких паров и газов) и взрывобезопасными для исключения возможности попадания внутрь труб, аппаратов и электроприемников взрывоопасных смесей. Перед монтажом внутреннюю поверхность труб очищают от окалины и грата и производят окраску внутренней и наружной поверхностей асфальтовым лаком. Трубы, прокладываемые в бетоне, снаружи не окрашивают для лучшего сцепления с бетоном.

7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА

7.1 Выбор пункта приема электрической энергии

ППЭ называется электроустановка, служащая для приема электроэнергии от источника питания (ИП) и распределяющая (или преобразующая и распределяющая) ее между электроприемниками предприятия непосредственно или с помощью других электроустановок. Число и тип ППЭ зависят от мощности потребляемой предприятием и от характера размещения электрических нагрузок на его территории.

При близости ИП к потребителям электроэнергии с суммарной потребляемой мощностью в пределах пропускной способности линий 6 кВ электроэнергия подводится к РП, которые служат для приема и распределения электроэнергии без ее преобразования или трансформации. От РП электроэнергия распределяется по цеховым ТП 6/0,4 кВ и подводится также к высоковольтным электроприемникам 6 кВ. В этих случаях напряжения питающей и распределительных сетей совпадают.

Для питания электроустановок 6 кВ Маломырского рудника в связи с категорией электроснабжения и небольшой дальностью источника питания ПС «Маломыр» принимаем в качестве ППЭ – Распределительный пункт выпаленный по схеме «две секции шин с секционным выключателем»

7.2 Разработка вариантов схемы электроснабжения

В данном разделе работы проводится разработка двух вариантов системы электроснабжения. При проектировании отталкиваемся от того что питание комплектных трансформаторных подстанций осуществляется по средством кабельных линий. Пункт приема электрической энергии расположен в том же помещении что и ТП. Расположение ТП в цеху как указывалось ранее не рационально.

На рисунках 7, 8 представлены два варианта системы высоковольтного электроснабжения.

Рассмотрим подробно оба варианта

Первый вариант: радиальная схема, питание каждой ТП осуществляется с обеих секций пункта приема электрической энергии при этом на каждый трансформатор приходит отдельная кабельная и подключается непосредственно к нему без использования дополнительного выключателя нагрузки. Данная схема отличается высокой надежностью и простотой в обслуживании однако при этом требуется большее количество высоковольтных выключателей для ее реализации по сравнению со вторым вариантом, общее количество выключателей для питания ТП составляет в данном случае 8 ед. Общая протяженность кабельных линий составляет 400 м

Второй вариант: магистральная схема, от шин пункта приема электрической энергии отходит четыре присоединения два из которых питают ТП первой группы и два ТП третьей группы, питание ТП второй группы и четвертой осуществляется непосредственно с шин ВВ ТП первой и третьей групп соответственно. К достоинствам данной схемы следует отнести меньшее количество высоковольтных выключателей - 4, однако такая схема подразумевает использование выключателей нагрузки на каждой ТП, так же она обладает меньшей надежностью по сравнению с первым вариантом, общая протяженность кабельных линий составляет так же 400 м.

7.3 Выбор номинального напряжения

Питание указанного пункта приема электрической энергии будет осуществляться от РУ 6 кВ существующей ПС «Маломыр», другие источники питания в рассматриваемом регионе отсутствуют, следовательно выбор между разными уровнями напряжения не представляется возможным.

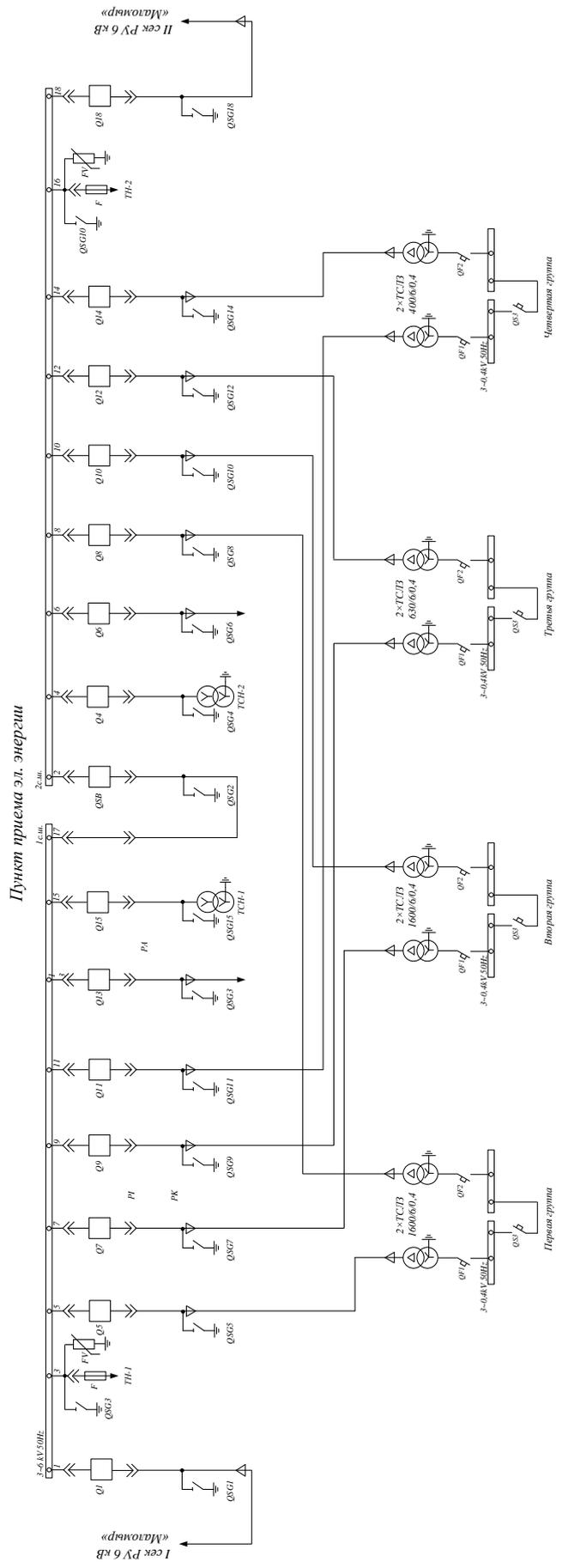


Рисунок 7 – Вариант №1 системы высоковольтного электроснабжения

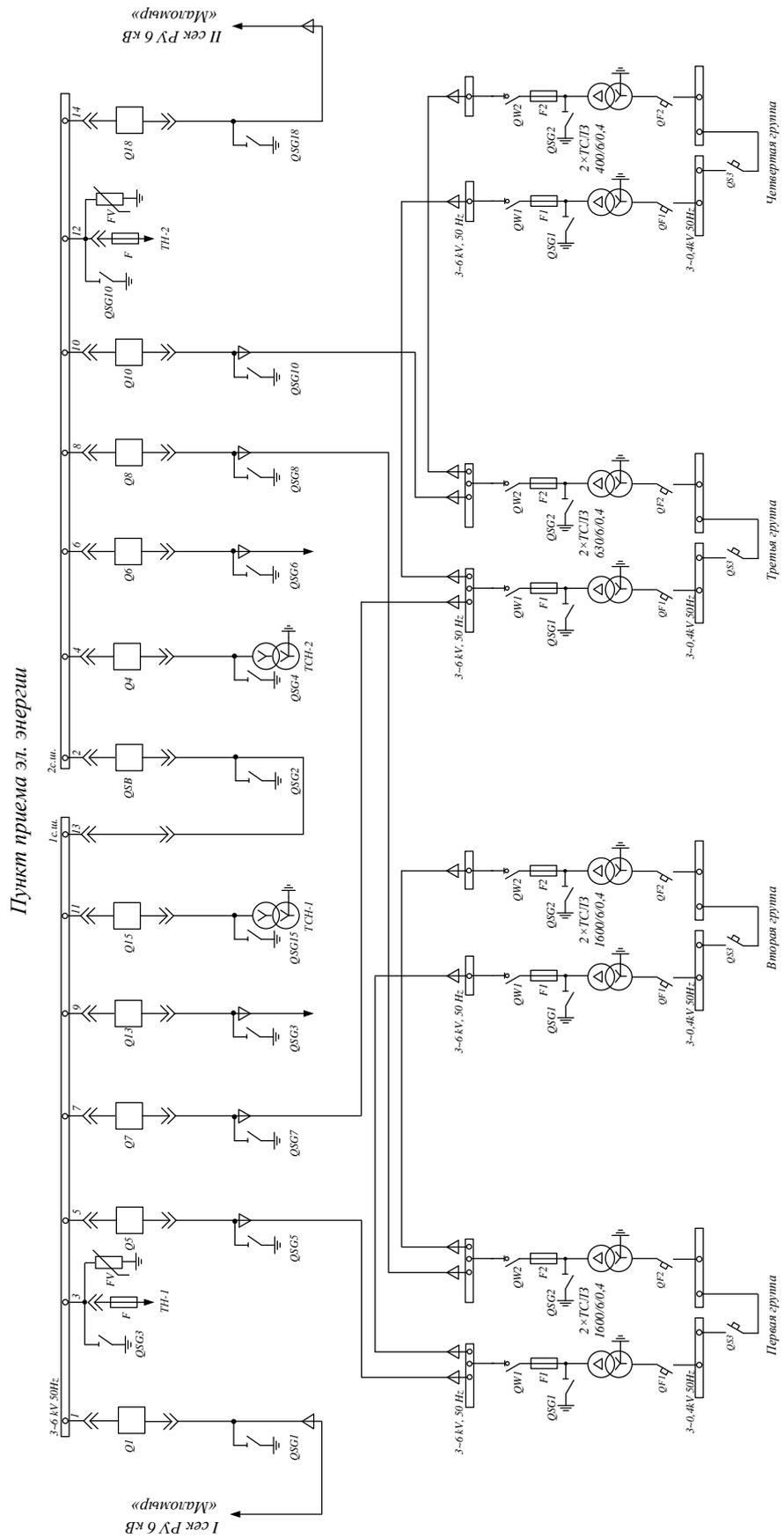


Рисунок 8 – Вариант №2 системы высоковольтного электроснабжения

7.4 Выбор марки и сечения кабельных линий

В данном разделе проводим выбор всех кабельных линий включая питание самого пункта приема электрической энергии и трансформаторных подстанций.

Предварительно проводим расчет потерь мощности в трансформаторах для получения приведенной мощности нагрузки к шинам ВН ТП

Потери активной мощности в трансформаторе определяются по следующей формуле [13]:

$$\Delta P_m = \Delta P_k \cdot k_{\text{факт}}^2 + \Delta P_x \quad (33)$$

Потери реактивной мощности в трансформаторе [13]:

$$\Delta Q_m = \frac{u_k \cdot S_n^2}{100 \cdot S_{\text{тном}}} + \frac{I_x \cdot S_{\text{тном}}}{100} \quad (34)$$

где S_n - расчетная полная мощность нагрузки

Q_n - расчетная реактивная мощность нагрузки

u_k - напряжение короткого замыкания выбранного трансформатора

I_x - ток холостого хода выбранного трансформатора

$\Delta P_x, \Delta P_k$ - потери активной мощности в режиме холостого хода и короткого замыкания выбранного трансформатора (кВт)

ΔQ_x - потери реактивной мощности в режиме холостого хода выбранного трансформатора

Приводим расчет на примере ТП первой группы:

$$\Delta P_m = 2 \cdot 11,5 \cdot \left(\frac{\sqrt{1934,5^2 + 1129,3^2} \cdot 0,5}{1600} \right)^2 + 2 \cdot 3,1 = 18,71 \text{ (кВт)}$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot \frac{6,0 \cdot (\sqrt{1934,5^2 + 1129,3^2} \cdot 0,5)^2}{100 \cdot 1600} + 2 \cdot \frac{1,3 \cdot 1600}{100} = 146,02 \text{ (квар)}$$

Определяем полную мощность потерь мощности в трансформаторах [13]:

$$\Delta S_m = \sqrt{\Delta P_m^2 + \Delta Q_m^2} \quad (35)$$

$$\Delta S_m = \sqrt{18,71^2 + 146,02^2} = 147,21 \text{ (кВА)}$$

Нагрузка приведенная к шинам 6 кВ ТП определяется как сумма потерь мощности в трансформаторах и мощности самой нагрузки.

$$P_{pвн} = P_p + \Delta P_m \quad (36)$$

$$Q_{pвн} = Q_p + \Delta Q_m \quad (37)$$

$$S_{pвн} = \sqrt{P_p^2 + Q_m^2} + \Delta S_m \quad (38)$$

$$P_{pвн} = 1934,5 + 18,71 = 1953,21 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{pвн} = 1129,3 + 146,02 = 1275,32 \text{ (квар)}$$

$$S_{pвн} = \sqrt{1934,5^2 + 1129,3^2} + 147,21 = 2332,70 \text{ (кВА)}$$

Аналогично проводим расчет данных параметров для остальных ТП, результаты расчетов приведены в таблице 32

Таблица 32 – расчет параметров для ТП

Группа	P_p (кВт)	Q_m (квар)	ΔP_m (кВт)	ΔQ_m (квар)	ΔS_m (кВА)	$P_{pвн}$ (кВт)	$Q_{pвн}$ (квар)	$S_{pвн}$ (кВА)
1	1934,5	1129,30	18,71	146,02	147,21	1953,21	1275,32	2332,70
2	1858,95	1249,76	17,98	161,64	148,21	1876,93	1411,40	2348,39
3	627,09	448,69	6,07	58,03	149,21	633,16	506,72	810,96
4	510,774	229,59	4,94	29,69	150,21	515,72	259,28	577,23
Сумма						4979,02	3452,72	6069,27

На основании полученных данных проводим расчет и выбор кабельных линий для питания ТП и пункта приема электрической энергии.

Сечения кабельных линий 6 кВ так же как и 0,4 кВ выбираются по усло-

виям нагрева токами нагрузки с последующей проверкой:

- по термической стойкости от воздействия токов короткого замыкания;
- по допустимой потере напряжения при нормальном режиме работы

Для выбора сечений линий КЛ 6 кВ определяется суммарный расчетный ток и выбирается стандартное сечение соответствующее ближайшему большему длительно-допустимому току.

Выбор по длительно допустимому току сводится к сравнению расчетного тока с длительно допустимым:

$$I_p \leq I_{\text{дд}} \quad (39)$$

где I_p – расчетный ток в сечении;

$I_{\text{дд}}$ – длительно допустимый ток для определенного типа проводника (КЛ), определяется по следующему выражению:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{дон}} \cdot k_{\text{ср}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot k_{\text{нов}} \quad (40)$$

где $I_{\text{дон}}$ – допустимый длительный ток одиночного проводника.

$k_{\text{ср}}$ – коэффициент учитывающий температуру среды отличную от расчетной;

$k_{\text{сн}}$ – коэффициент снижения токовой нагрузки при групповой прокладке кабелей

$k_{\text{нов}}$ – коэффициент повышения допустимого тока при недогрузке отдельных кабелей.

Расчетный ток в сечении определяется по выражению:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (41)$$

где S_p - расчетная мощности в сечении кабельной линии;

U_n - номинальное линейное напряжение кабеля;

Рассмотрим расчет сечения кабельной линии питания ТП 1, определяем расчетный ток на этом участке по определенной ранее расчетной мощности, с учетом потерь мощности в трансформаторах.

$$I_p = \frac{\sqrt{1953,21^2 + 1275,32^2}}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 213,77 \text{ (А)}$$

Для полученного значения подбираем соответствующее сечение кабеля.

Принимаем на данном участке кабель типа АПвПу 3×95 с изоляцией из сшитого полиэтилена и алюминиевыми жилами, длительно допустимым током 340 А, прокладка кабеля осуществляется в кабельном лотке, следовательно вводятся поправочные коэффициенты на длительно допустимый ток. Если учитывать тот факт что кабели прокладываются на расстоянии одиночно а температура не отличается от расчетной то все коэффициенты принимаем равными 1, Следовательно длительно допустимый ток для данного проводника составит:

$$I_{\text{дд}} = 340 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 340 \text{ (А)}$$

Длительно допустимый ток выбранного типа кабеля значительно больше расчетного в данном сечении следовательно этот тип кабеля оставляем.

АПвПу – современный тип кабеля имеющий изоляцию состоящую из сшитого полиэтилена. По пропускной способности эти кабели значительно превосходят кабели маслonaполненные с бумажной изоляцией. По международным стандартам кабель рассчитан на работу в длительно допустимом режиме при температуре жилы 90°С, а в послеаварийном режиме и при более высокой температуре, в то время как кабели маслonaполненные с бумажной изоляцией допускают нагрев лишь до 70°С. Достоинством кабеля с СПЭ-изоляцией является его экологическая безопасность. Отсутствие жидких включений обеспечивает сохранение чистоты окружающей среды, что позволяет прокладывать кабель на любых объектах и эксплуатировать кабельные линии практически без обслуживания.

Аналогично проводится выбор марки и сечения кабельных линий на остальных участках, результаты расчета приведены в таблице 33, 34.

Таблица 33 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току для первого варианта

Участок	I_P (А)	Марка и сечение проводника	$I_{\text{дд}}$ (А)
РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ	501,18	АПвПу 3×240	607
ППЭ –ТП-1	214,03	АПвПу 3×95	340
ППЭ –ТП-2	215,47	АПвПу 3×95	340
ППЭ –ТП-3	74,41	АПвПу 3×50	174
ППЭ –ТП-4	52,96	АПвПу 3×50	174

Таблица 34 – Выбор типа и сечений проводников по длительно допустимому току для второго варианта

Участок	I_P (А)	Марка и сечение проводника	$I_{\text{дд}}$ (А)
РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ	501,1784	АПвПу 3×240	607
ППЭ –ТП-1	429,50	АПвПу 3×240	607
ТП-1 –ТП-2	215,47	АПвПу 3×95	340
ППЭ –ТП-3	127,37	АПвПу 3×50	174
ТП-3 –ТП-4	52,96	АПвПу 3×50	174

Все выбранные кабельные линии проходят проверку по длительному току далее проводим расчет токов КЗ для проверки принятых сечений на термическую стойкость

7.5 Расчет токов короткого замыкания

В данном разделе проводим расчет токов короткого замыкания на шинах 6 кВ ППЭ и ТП. Питание ППЭ осуществляется от ПС «Маломыр», в данном разделе для примера, расчет будет проводиться на примере точки КЗ на шинах ППЭ. Расчет проводим в именованных единицах с использованием среднего ряда напряжений. Схема с указанием расчётных точек короткого замыкания представлена на рисунке 9.

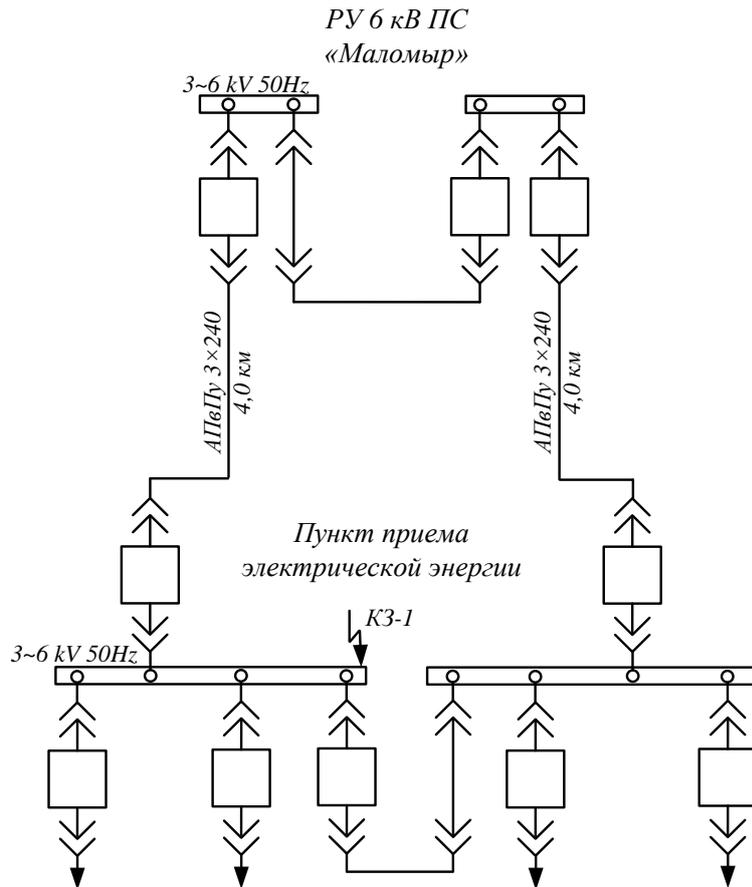


Рисунок 9 - Расчетные точки КЗ

Активные и индуктивные сопротивления КЛ:

$$X_{кл} = x_0 \cdot L \quad (42)$$

$$X_{кл} = 0,08 \cdot 4,0 = 0,32 \text{ (Ом)}$$

$$R_{кл} = r_0 \cdot L \quad (43)$$

$$R_{кл} = 0,075 \cdot 4,0 = 0,3 \text{ (Ом)}$$

где x_0, r_0 - удельное реактивное и активное сопротивление КЛ.

Определяем сопротивление энергосистемы со стороны шин 6 кВ источника питания ПС «Маломыр» :

$$X_c = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot I_{кз}}$$

где U_{cp} - напряжение среднего ряда, принимается равным 6,3 кВ.

$I_{кз}$ - ток трехфазного короткого замыкания на шинах 6 кВ ПС «Маломыр».

$$X_c = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 8,65} = 0,42 \text{ (Ом)}$$

Результирующее активное сопротивление до точки КЗ-1

$$X_{P1} = X_c + X_{кл} \quad (44)$$

$$X_{P1} = 0,42 + 0,32 = 0,74 \text{ (Ом)}$$

$$R_{P1} = R_{кл} = 0,3 \text{ (Ом)} \quad (45)$$

Определяем периодическую составляющую тока короткого замыкания по следующей формуле для первой точки короткого замыкания (кА):

$$I_{по} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (46)$$

$$I_{по1} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,3^2 + 0,74^2}} = 4,55 \text{ (кА)}$$

Проводим расчет постоянной времени:

$$T_a = \frac{X_p}{\omega \cdot R_p} \quad (47)$$

где ω - синхронная частота напряжения сети 314 рад/с.

$$T_{a1} = \frac{0,74}{314 \cdot 0,3} = 0,007$$

Коэффициент ударного тока:

$$K_a = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \quad (48)$$

$$K_{a1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,007}} = 1,24$$

Ударный ток короткого замыкания определяется как:

$$I_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot K_a \quad (49)$$

$$I_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot 4,55 \cdot 1,24 = 7,98 \text{ (кА)}$$

Апериодическая составляющая тока короткого замыкания определяется только для точки КЗ-1 следующим образом:

$$I_A = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot e^{-\frac{T_{OB}}{T_a}} \quad (50)$$

где T_{OB} - полное время отключения выключателя с учетом работы времени работы релейной защиты.

$$I_{A1} = \sqrt{2} \cdot 4,55 \cdot e^{-\frac{0,06}{0,007}} = 0,01$$

Выполняем расчет теплового импульса, при этом время протекания тока короткого замыкания должно учитывать полное время отключения выключателя и время работы защиты с учетом ступеней селективности, для точки КЗ-1 принимается равным 0,06 и максимальное время резервной защиты 1,5:

$$B_k = I_{\text{по}}^2 \cdot (T_{OB} + T_a) \quad (51)$$

$$B_{k1} = 4,55^2 \cdot (1,5 + 0,06 + 0,007) = 32,34$$

По аналогичным формулам проводится расчет токов короткого замыкания в сети 6 кВ, результаты расчета сводим в таблицу 35, 36.

Таблица 35 – Результаты расчета токов короткого замыкания в первом варианте сети

Точка короткого замыкания	Шины ППЭ	Шины ВН ТП-1	Шины ВН ТП-2	Шины ВН ТП-3	Шины ВН ТП-4
$I_{по}$ (кА)	4,55	4,52	4,52	4,49	4,49
I_A (кА)	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
$I_{y\partial}$ (кА)	7,98	7,90	7,90	7,85	7,85
B_k (кА ² ×с)	32,34	31,91	31,91	31,49	31,49

Таблица 36 – Результаты расчета токов короткого замыкания во втором варианте сети

Точка короткого замыкания	Шины ППЭ	Шины ВН ТП-1	Шины ВН ТП-2	Шины ВН ТП-3	Шины ВН ТП-4
$I_{по}$ (кА)	4,55	4,53	4,52	4,49	4,42
I_A (кА)	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
$I_{y\partial}$ (кА)	7,98	7,92	7,90	7,85	7,73
B_k (кА ² ×с)	32,34	32,05	31,91	31,49	30,52

Далее проводим проверку выбранных кабельных линий по термической стойкости и потере напряжения.

7.6 Проверка выбранного оборудования

Проверку на термическую стойкость кабельных линий будем выполнять сравнением теплового импульса (паспортного значения с расчетным).

Проводим расчет на примере кабельной линии от РУ 6 кВ ПС Маломыр до ППЭ. Определяем предельное значение интеграла для типа кабеля АПвПу 3×240 (ток односекундного короткого замыкания согласно каталожным данным в данном случае составляет 22,7 кА):

$$B_{к\partial\partial\partial} = 22,7^2 \cdot 1 = 515,29 \text{ (кА}^2\text{×с)}$$

Сравниваем данное значение со значением для шин 6 кВ ППЭ рассчитанное ранее

$$B_{кппэ} = 32,34 \text{ (кА}^2\text{×с)}$$

Проводник проходит проверку при условии:

$$B_{\text{дон}} \geq B_{\text{кппэ}} \quad (52)$$

$$515,29 \geq 32,34$$

В данном случае проводник проходит проверку т.к. неравенство сохраняется.

Аналогично проводим проверку остальных КЛ, результаты расчетов приведены в таблице 37, 38

Таблица 37 – Результаты проверки КЛ в первом варианте сети

Наименование КЛ	Паспортное значение КЛ B_k (кА ² ×с)	Расчетное значение B_k (кА ² ×с)	Результат проверки
РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ	32,34	515,29	КЛ проходит проверку
ППЭ –ТП-1	31,91	79,21	КЛ проходит проверку
ППЭ –ТП-2	31,91	79,21	КЛ проходит проверку
ППЭ –ТП-3	31,49	32,09	КЛ проходит проверку
ППЭ –ТП-4	31,49	32,09	КЛ проходит проверку

Таблица 38 – Результаты проверки КЛ в первом варианте сети

Наименование КЛ	Паспортное значение КЛ B_k (кА ² ×с)	Расчетное значение B_k (кА ² ×с)	Результат проверки
РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ	32,34	515,29	КЛ проходит проверку
ППЭ –ТП-1	32,05	515,29	КЛ проходит проверку
ТП-1 –ТП-2	31,91	79,21	КЛ проходит проверку
ППЭ –ТП-3	31,49	32,09	КЛ проходит проверку
ТП-3 –ТП-4	30,52	32,09	КЛ проходит проверку

Все выбранные кабельные линии проходят проверку по термической стойкости далее проводим проверку по допустимой потере напряжения.

Потеря напряжения в участке кабельной линии определяется по следующей формуле [19]:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{U_n} \quad (53)$$

Рассмотрим подробно пример расчета потери напряжения на участке РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ, при питании по одной цепи:

Определяем потерю напряжения в сечении:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 501,17 \cdot 4,0 \cdot (0,075 \cdot 0,83 + 0,08 \cdot 0,52) \cdot \frac{100}{6300} = 3,72 (\%)$$

Для остальных участков проводится аналогичный расчет результаты сведены в таблицу 39, 40:

Таблица 39 – Проверка кабельных линий 6 кВ на потерю напряжения в первом варианте

Участок	Длина участка (км)	ΔU (%)
РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ	4,0	3,72
ППЭ –ТП-1	0,05	1,01
ППЭ –ТП-2	0,05	1,02
ППЭ –ТП-3	0,05	1,28
ППЭ –ТП-4	0,05	1,15

Таблица 40 – Проверка кабельных линий 6 кВ на потерю напряжения в первом варианте

Участок	Длина участка (км)	ΔU (%)
РУ 6 кВ «Маломыр» - ППЭ	4,0	3,72
ППЭ –ТП-1	0,05	1,05
ТП-1 –ТП-2	0,05	1,03
ППЭ –ТП-3	0,05	1,15
ТП-3 –ТП-4	0,05	1,21

Расчет потери напряжения на всех участках сети показывает что они проходят проверку, наибольшие потери напряжения не превышают предельного значения в 5% согласно ПУЭ.

7.7 Конструктивное исполнение схемы электроснабжения

Схема высоковольтного электроснабжения выполняется кабельными линиями проложенными в лотках, ТП расположены на нескольких этажах здания, проходы кабельных линий через перекрытия уплотняются огнезащитными перегородками. Из за незначительного расстояния между ТП а так же относительно небольшой передаваемой мощности применение токопроводов для питания ТП нерационально. ТК для питания потребителей данного предприятия преимущественное значение имеет надежность электроснабжения следовательно для дальнейшей разработки оставляем первый вариант с независимым питанием каждой ТП

8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПУНКТА ПРИЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

8.1 Выбор пункта приема электрической энергии, разработка его однолинейной схемы и конструктивное исполнение.

В данном разделе проводится выбор пункта приема электрической энергии его однолинейной схемы и конструктивного исполнения. В качестве пункта приема электрической энергии как указывалось ранее принят РП.

Исходя из категории надежности электроснабжения принимается схема РП – «две секции шин с секционным выключателем».

Данная схема обладает высокой надежностью при коротком замыкании на одной из секций, происходит ее отключение при этом все потребители остаются в работе от смежной. При отключении одной из питающих кабельных линий происходит отключение вводного выключателя с одновременным включением секционного выключателя по средством автоматики ввода резерва. Обе секции остаются в работе и питание потребителей не нарушается.

РП выполняется на основе КРУ D-12P.

Конструкция: КРУ серии D-12P комплектуется из отдельных шкафов, в каждом из которых размещается аппаратура одного присоединения к сборным шинам.

Корпус шкафа изготовлен из высококачественного стального листа с алюмоцинковым антикоррозионным покрытием на высокоточном оборудовании методом холодной штамповки. Наружные элементы корпуса (двери, боковые панели и др.) окрашены порошковой краской.

Однолинейная схема данного устройства приведена в на рисунке 10

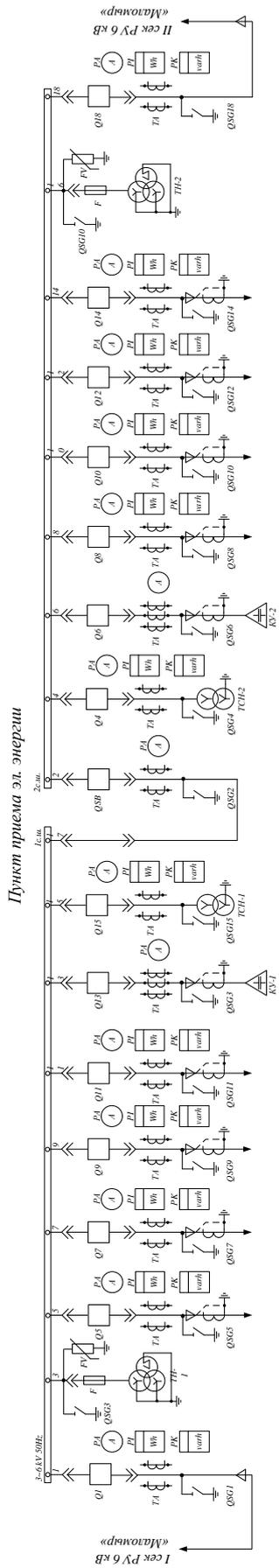


Рисунок 10 – Подробная однолинейная схема ППЭ

С целью обеспечения безопасности при возникновении электрической дуги шкафы с выдвижными элементами разделены металлическими перегородками на четыре отсека:

отсек сборных шин;

отсек выдвижного элемента;

отсек трансформаторов тока и присоединений;

отсек вспомогательных цепей.

Выдвижные элементы с выключателями, контакторами, секционными разъединителями и трансформаторами напряжения позволяют легко обслуживать и ремонтировать это оборудование в процессе эксплуатации.

Схемы вспомогательных цепей шкафов КРУ серии D-12P разработаны для различных микропроцессорных устройств защиты, управления, автоматики и сигнализации. Цепи учёта электроэнергии могут выполняться на электронных или многофункциональных микропроцессорных счётчиках электрической энергии.

Вспомогательные цепи выдвижного элемента выведены на один или два 28-контактных штепсельных разъёма.

В шкафах специального исполнения перемещение выдвижного элемента из контрольного положения в рабочее и обратно можно производить дистанционно с помощью электропривода при закрытых дверцах отсека.

8.2 Выбор типа КРУ

Выбор типа основывается на сравнении номинального напряжения и рабочего тока, как указывалось ранее для РП принимается КРУ типа D-12P, выбор проводим по следующим параметрам:

$$U_{номКРУ} \geq U_{ном} \quad (54)$$

$$I_{номКРУ} \geq I_{макс.раб} \quad (55)$$

Проверку КРУ проводим согласно данным представленным в таблице 41

Таблица 41 – Выбор и проверка КРУ

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	1600	501,18	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальное значение апериодической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_A$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Кру привходит проверку далее проводим выбор всего оборудования которое в ходит в его состав

8.3 Выбор и проверка выключателей 6 кВ

Выбор выключателей осуществляется по номинальному напряжению и номинальному току:

$$U_{ном} \geq U_{ном.сети} \quad (54)$$

$$I_{ном} \geq I_{макс.раб} \quad (55)$$

Расчетный ток приведен ранее при выборе кабельных линий

Выбранный вакуумный выключатель имеет пружинный привод и далее проверяется на коммутационную способность, электродинамическую стойкость, термическую стойкость путем сравнения каталожных данных данного выключателя с рассчитанными ранее данными.

Сравнение параметров выбранного выключателя с расчетными данными показано в таблице 42, 43, 44, 45, 46, 47:

Таблица 42 – Выбор и проверка вводных выключателей 6 кВ

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	630	501,18	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальный ток включения $I_{вкл}$ (кА)	20	4,55	$I_{вкл} \geq I_{по}$
Наибольший пик тока включения $I_{пик}$, $I_{уд}$, (кА)	51	7,98	$I_{пик} \geq I_{уд}$
Номинальный ток отключения $I_{откл}$ (кА)	20	4,55	$I_{откл} \geq I_{по}$
Номинальное значение апериодической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_a$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Таблица 43 – Выбор и проверка секционного выключателя 6 кВ

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	630	205,59	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальный ток включения $I_{вкл}$ (кА)	20	4,55	$I_{вкл} \geq I_{по}$
Наибольший пик тока включения $I_{пик}$, $I_{уд}$, (кА)	51	7,98	$I_{пик} \geq I_{уд}$
Номинальный ток отключения $I_{откл}$ (кА)	20	4,55	$I_{откл} \geq I_{по}$
Номинальное значение апериодической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_a$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Таблица 44 – Выбор и проверка секционного выключателя 6 кВ яч. 5, 8

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	630	214,03	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальный ток включения $I_{вкл}$ (кА)	20	4,55	$I_{вкл} \geq I_{по}$
Наибольший пик тока включения $I_{пик}$, $I_{уд}$, (кА)	51	7,98	$I_{пик} \geq I_{уд}$
Номинальный ток отключения $I_{откл}$ (кА)	20	4,55	$I_{откл} \geq I_{по}$
Номинальное значение аperiodической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_a$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Таблица 45 – Выбор и проверка секционного выключателя 6 кВ яч. 7, 10

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	630	215,47	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальный ток включения $I_{вкл}$ (кА)	20	4,55	$I_{вкл} \geq I_{по}$
Наибольший пик тока включения $I_{пик}$, $I_{уд}$, (кА)	51	7,98	$I_{пик} \geq I_{уд}$
Номинальный ток отключения $I_{откл}$ (кА)	20	4,55	$I_{откл} \geq I_{по}$
Номинальное значение аperiodической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_a$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Таблица 46 – Выбор и проверка секционного выключателя 6 кВ яч. 9, 12

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	630	74,41	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальный ток включения $I_{вкл}$ (кА)	20	4,55	$I_{вкл} \geq I_{по}$
Наибольший пик тока включения $I_{пик}$, $I_{уд}$, (кА)	51	7,98	$I_{пик} \geq I_{уд}$
Номинальный ток отключения $I_{откл}$ (кА)	20	4,55	$I_{откл} \geq I_{по}$
Номинальное значение аperiodической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_a$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Таблица 47 – Выбор и проверка секционного выключателя 6 кВ яч. 11, 14

Номинальные параметры выключателя		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	10	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	630	52,96	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Номинальный ток включения $I_{вкл}$ (кА)	20	4,55	$I_{вкл} \geq I_{по}$
Наибольший пик тока включения $I_{пик}$, $I_{уд}$, (кА)	51	7,98	$I_{пик} \geq I_{уд}$
Номинальный ток отключения $I_{откл}$ (кА)	20	4,55	$I_{откл} \geq I_{по}$
Номинальное значение аperiodической составляющей, I_a (кА)	8,48	0,01	$I_{ном.а} \geq I_a$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	51	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	1200	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Принятый тип выключателя проходит проверку по всем параметрам, его принимаем к установке.

8.4 Выбор многофункционального прибора учета электрической энергии.

В данной работе в качестве измерительного комплекса по учету электрической энергии принимаем прибор АЛЬФА 1800 (Метроника)

Микропроцессорный счетчик электрической энергии Альфа 1800 производится на заводе Эльстер Метроника. Данный прибор разработан с применением общего опыта компании по учету энергоресурсов и снабжен всеми функциями необходимыми для эффективной работы в системах электроснабжения. Передовая технология на базе измерительного чипа гарантирует высокую точность и надежность при учёте электрической энергии.

Прибор трансформаторного включения предназначен для учета как активной так и реактивной энергии и мощности в трехфазных электрических сетях промышленной частоты в многотарифном режиме, хранения измеренных данных в своей памяти а также передачи по системам коммуникации на диспетчерский пункт данных по контролю, учету и распределению электрической энергии.

Данный прибор предназначен для установки на высоковольтные подстанции и распределительные пункты, распределительные сети и промышленные предприятия, может использоваться в качестве датчика сигнала в телеизмерений и параметров.

8.5 Выбор трансформаторов напряжения 6 кВ

Трансформаторы напряжения выбираются: по напряжению установки, по конструкции и схеме соединения, по классу точности, по вторичной нагрузке:

$$S_{2ном} \geq S_2 \quad (56)$$

где $S_{2ном}$ - номинальная мощность в выбранном классе точности;

S_2 - нагрузка измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения.

Выбираем трансформаторы напряжения на стороне 6 кВ, расчет вторичной нагрузки представлен в таблице 48:

Таблица 48 – Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения 10 кВ

Тип прибора	Прибор	Количество приборов	Потребляемая мощность (ВА)
Вольтметр	Э-335	2	2
Счетчик АЭ	АЛЬФА 1800	12	1
Счетчик РЭ			
Сумма			16

Принимаем трансформатор напряжения типа: НАМИ – 6. Количество присоединений рассчитывается на 2 секции

Сравнение параметров выбранного трансформатора напряжения приведен в таблице 49

Таблица 49 – Проверка выбранного ТН 6 кВ

Номинальные параметры ТН		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальная вторичная	75 ВА	16 ВА	$S_{2ном} \geq S_2$

Данный тип трансформатора принимаем к установке на РУ 6 кВ ППЭ.

8.6 Выбор трансформаторов тока 6 кВ

Номинальный ток трансформатора тока принимается как можно ближе к рабочему току установки. Трансформатор тока проверяется на электродинамическую и термическую стойкость, а также по величине нагрузки в заданном классе точности.

Вторичная нагрузка трансформаторов тока состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$Z_2 \approx r_2 = r_{пров} + r_{приб} + r_k \quad (57)$$

Сопротивление контактов принимается равным $r_k = 0,1$ Ом.

Сопротивление соединительных проводов можно рассчитать по формуле:

$$r_{пров} = \frac{\rho \cdot l}{F} \quad (58)$$

где $\rho = 0,0283$ (Ом·мм²)/м – удельное сопротивление алюминия;

l - длина соединительных проводов - 20 м;

F - сечение соединительного провода, $F = 4 \text{ мм}^2$.

Сопротивление соединительных проводов:

$$r_{\text{пров}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{4} = 0,14 \text{ (Ом)}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{проб}} = \frac{S_{\text{пр}}}{I_2^2} \quad (59)$$

где $S_{\text{пр}}$ - мощность, потребляемая приборами;

I_2 - вторичный номинальный ток трансформатора тока, $I_2 = 5 \text{ А}$.

Расчет нагрузки наиболее загруженной фазы для РУ приведен в таблице 50.

Таблица 50 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока 10 кВ

Прибор	Тип	Нагрузка фазы (ВА)
Амперметр	Э-350	0,5
Счетчик АЭ	Альфа 1800	0,12
Счетчик РЭ		

Мощность наиболее загруженной фазы на напряжение 6 кВ $S_{\text{пр}} = 0,62 \text{ ВА}$.

Тогда сопротивление приборов:

$$r_{\text{проб}} = \frac{S_{\text{пр}}}{I^2} = \frac{0,62}{5^2} = 0,02 \text{ (Ом)}$$

Вторичная нагрузка трансформатора тока 6 кВ:

$$Z_{2.10} = r_{\text{пров}} + r_{\text{проб}} + r_{\text{к}} = 0,14 + 0,02 + 0,1 = 0,26 \text{ (Ом)}$$

Принимаем трансформатор тока по стороне 6 кВ для ввода ТОЛ – СЭЩ - 6 с номинальным током первичной обмотки 600 А. Сравнение параметров приведено в таблице 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57.

Таблица 51 – Проверка выбранного ТТ для вводов 6 кВ

Номинальные параметры трансформатора тока		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	6	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	600	501,18	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Предельный сквозной ток $I_{пр.скв}$, $I_{уд}$ (кА)	52	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	3675	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
Номинальная вторичная нагрузка $Z_{2ном}$ (Ом)	1,2	0,26	$Z_{2ном} \geq Z_2$

Таблица 52 – Проверка выбранного ТТ для СВ 6 кВ

Номинальные параметры трансформатора тока		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	6	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	300	205,59	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Предельный сквозной ток $I_{пр.скв}$, $I_{уд}$ (кА)	52	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	3675	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
Номинальная вторичная нагрузка $Z_{2ном}$ (Ом)	1,2	0,26	$Z_{2ном} \geq Z_2$

Таблица 53 – Проверка выбранного ТТ 6 кВ для яч. 5, 8

Номинальные параметры трансформатора тока		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	6	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	300	214,03	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Предельный сквозной ток $I_{пр.скв}$, $I_{уд}$ (кА)	52	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	3675	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
Номинальная вторичная нагрузка $Z_{2ном}$ (Ом)	1,2	0,26	$Z_{2ном} \geq Z_2$

Таблица 54 – Проверка выбранного ТТ 6 кВ для яч. 7, 10

Номинальные параметры трансформатора тока		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	6	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	300	215,47	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$

Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	52	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	3675	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
Номинальная вторичная нагрузка $Z_{2ном}$ (Ом)	1,2	0,26	$Z_{2ном} \geq Z_2$

Таблица 55 – Проверка выбранного ТТ 6 кВ для яч. 9, 12

Номинальные параметры трансформатора тока		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	6	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	75	74,41	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	52	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	3675	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
Номинальная вторичная нагрузка $Z_{2ном}$ (Ом)	1,2	0,26	$Z_{2ном} \geq Z_2$

Таблица 56 – Проверка выбранного ТТ 6 кВ для яч. 11, 14

Номинальные параметры трансформатора тока		Расчетные данные	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение $U_{ном}$ (кВ)	6	6	$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$
Номинальный ток $I_{ном}$ (А)	75	52,96	$I_{ном} \geq I_{макс.раб}$
Предельный сквозной ток $I_{прскв}$, $I_{уд}$ (кА)	52	7,98	$I_{пр.скв} \geq I_{уд}$
Термическая стойкость, $I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ (кА ² с)	3675	32,34	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
Номинальная вторичная нагрузка $Z_{2ном}$ (Ом)	1,2	0,26	$Z_{2ном} \geq Z_2$

Выбранный трансформатор тока проходит по всем требованиям.

8.7 Выбор изоляторов 6 кВ

В распределительных устройствах применяются опорные изоляторы для крепления проводников и изоляции их друг от друга и от заземленных частей, их выбор и проверка выполняются:

По номинальному линейному напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{ном.сети}$$

По допустимой механической нагрузке:

$$F_{разр} \cdot 0,6 \geq F_{расч}$$

где $F_{разр}$ – разрушающее усилие для выбранного типа изолятора (Н).

$F_{расч}$ - расчетное усилие в рассматриваемом РУ (Н).

Проводим расчет силы которая воздействует на опорные изоляторы находящиеся в распределительном устройстве 6 кВ ППЭ, при расположении в горизонтальной плоскости:

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{уд}^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-7} \quad (60)$$

где a – расстояние между шинами.

l - расстояние между изоляторами одной шины.

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{7980^2 \cdot 1,1}{0,32} \cdot 10^{-7} = 29,84 \text{ (Н)}$$

Выбираем по номинальному напряжению опорный изолятор типа ОСК 8-6 УХЛ2 с номинальным разрушающим усилием 8000 Н, проверяем неравенство:

$$8000 \cdot 0,6 = 4800 \geq 29,84$$

Условие выполняется следовательно данный тип изолятора принимаем для установки в распределительном устройстве 6 кВ РП

8.8 Выбор и проверка сборных шин 6 кВ

Проводим выбор жестких шин РП. Максимальный рабочий ток составляет 501,18 А. Принимаем минимальное сечение алюминиевой шины с размерами 50×5 мм ($2,5 \text{ см}^2$), длительно допустимый ток для данного сечения составляет 960 А. Шины устанавливаем на изоляторах плашмя, расстояние между фазами принимаем 0,4 м.

Проверяем данные шины на термическую стойкость, определяем минимальное сечение по условиям нагрева токами короткого замыкания.

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C} = \frac{\sqrt{32,34}}{91} = 0,62 \text{ (см}^2\text{)} \quad (61)$$

где B_{κ} – интеграл джоуля, рассчитан при выборе выключателей.

C - коэффициент для алюминия 91

Проверяем шины на электро-механическую прочность, определяем пролет при условии, что частота собственных колебаний составит более 200 Гц

$$l \leq \sqrt{\frac{173,2}{200} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}} = \sqrt{\frac{173,2}{200} \cdot \sqrt{\frac{5,21}{2,5}}} = 1,12 \text{ (м)} \quad (62)$$

где J – момент инерции шины (см³×см).

q - сечение проводника, в данном случае составляет 2,5 (см²)

Момент инерции определяется по формуле:

$$J = b \cdot h^3 \frac{1}{12} = 0,5 \cdot 5^3 \frac{1}{12} = 5,21 \text{ (см}^3\text{×см)} \quad (63)$$

Согласно техническим данным конструкции КРУ пролет между изоляторами 1,1 м.

Определяем максимальное динамическое усилие при трехфазном коротком замыкании

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i_{y\partial}^2}{a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10960^2}{0,4} = 52,01 \text{ (Н/м)} \quad (64)$$

где $i_{y\partial}$ – ударный ток короткого замыкания согласно расчетным данным (А).

a - расстояние между фазами шин 0,4 м согласно техническим данным конструкции КРУ

Находим момент сопротивления по формуле

$$W = b \cdot h^2 \frac{1}{6} = 0,5 \cdot 5^2 \frac{1}{6} = 2,08 \text{ (см}^3\text{)} \quad (65)$$

Определяем напряжение в материале шин:

$$\sigma_{расч} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_{yo}^2 \cdot l^2}{W \cdot a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{7980^2 \cdot 1,1^2}{2,08 \cdot 0,4} = 2,09 \text{ (МПа)} \quad (66)$$

При расчете механического напряжения все длины приведены в метрах.

Разрушающее напряжение для принятого материала шин типа СТК составляет 60 МПа, расчетное напряжение не превышает разрушающего следовательно расчет жестких шин окончен.

8.9 Выбор трансформаторов собственных нужд

К вторичным цепям подключаемым к ТСН относятся все устройства и соединяющие их электрические цепи, предназначенные для следующего:

- 1) управления коммутационной аппаратурой, устройствами блокировки, сигнализации итд;
- 2) измерений электрических параметров (параметров режима работы оборудования) основных элементов электрооборудования или линии электропередачи;
- 3) контроля за заданным режимом работы и техническим состоянием оборудования;
- 4) защиты электроустановок, отключения поврежденного оборудования и сохранения в работе неповрежденной части оборудования.

Выполняем выбор мощности и типа трансформаторов собственных нужд. В таблице 57 приведены мощности нагрузки электроприемников на ППЭ

Таблица 57 – Расчетная нагрузка для выбора мощности ТСН

Вид потребителя	Расчетная мощность приемника (кВА)
Приводы выключателей	4,36
Освещение коридоров ППЭ	2
Освещение ячеек 6 кВ	1,4
Расчетная полная мощность	7,76

По расчетной мощности электроприемников определяем мощность трансформатора собственных нужд ППЭ:

$$S_p = \frac{S_n}{n_T \cdot K_3^{onm}} = \frac{7,76}{2 \cdot 0,7} = 5,54 \text{ (кВА)} \quad (67)$$

По расчетной мощности выбираем сухой трансформатор с литой изоляцией типа ТС 6,3/6 номинальной мощностью 6,3 кВА.

Такой тип трансформатора принимаем в качестве ТСН на первую и вторую секцию 6 кВ ППЭ.

9 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И МОЛНИЕЗАЩИТА ПУНКТА ПРИЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В данном разделе проводим расчет системы искусственного заземления пункта приема электрической энергии

Рассмотрим расчет системы заземления РП:

Заземляющее устройство выполняем в виде контура (прямоугольника) из горизонтальных и вертикальных заземлителей. В качестве вертикальных электродов используем стальные стержни диаметром 12 мм и длиной $L=5$ м. Верхний конец электрода находится ниже уровня земли на 0,7 м. Тогда сопротивление одного вертикального электрода:

$$R_B = \frac{0,366 \cdot \rho_p}{L} \cdot \left(\lg \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t + L}{4t - L} \right) \quad (68)$$

где ρ_p – расчётное сопротивление грунта:

$$\rho_p = K_c \cdot \rho \quad (69)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, измеренное при нормальной влажности;

K_c – коэффициент сезонности;

$$\rho_p = 1,15 \cdot 150 = 172,5 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}$$

где L – длина электрода, м;

d – внешний диаметр электрода, мм;

t – расстояние от поверхности земли до середины электрода, м:

$$t = \frac{L}{2} + 0,7 = 3,2 \text{ (м)}$$

$$R_B = \frac{0,366 \cdot 172,5}{6} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 37,5 \text{ (Ом)}$$

Вследствие явления экранирования, выражающегося во взаимном отталкивании линии стекания тока со стержней, сопротивление n одиночных вертикальных электродов:

$$R_{3y} = \frac{R_B}{n \cdot \eta_B} \quad (70)$$

где η_B – коэффициент использования, зависящий от числа электродов, отношения расстояния между ними к длине электрода;

R_B – сопротивление одного вертикального электрода;

R_{3y} – сопротивление заземляющего устройства, Ом;

Определяем примерное число вертикальных заземлителей, предварительно приняв коэффициент использования $\eta_B = 0,8$:

$$n = \frac{R_B}{R_{3y} \cdot \eta_B} \quad (71)$$

$$n = \frac{37,5}{4 \cdot 0,8} = 11,7 \text{ (шт)}$$

Предварительно принимаем число вертикальных заземлителей $n=12$ и отношении расстояния между вертикальными электродами к их длине:

$$\frac{a}{l} = \frac{5}{5} = 1 \quad (72)$$

Горизонтальные электроды выполняем из полосовой стали 40×4 мм. Общая длина полосы $l=150$ м.

Определяем сопротивление растеканию горизонтальных электродов:

$$R_r = \frac{0,366 \cdot \rho_p}{l} \cdot \lg \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t} \quad (73)$$

где b – ширина полосы, м: $b=0,04$ м;

t – глубина заложения полосы, м: $t=0,7$ м;

ρ_p – расчётное сопротивление грунт;

$$\rho_p = 2,5 \cdot 150 = 375 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}$$

$$R_r = \frac{0,366 \cdot 375}{150} \cdot \lg \frac{2 \cdot 150^2}{0,7 \cdot 0,04} = 5,7 \text{ (Ом)}$$

Определяем действительное сопротивление растекания горизонтальных электродов с учётом взаимного экранирования горизонтальных и вертикальных электродов. Коэффициент использования соединительной полосы в контур $\eta_r = 0,42$ при числе вертикальных электродов в ряду $n=4$ и отношении:

$$\frac{a}{l} = 1$$

$$R_{зг} = \frac{R_r}{\eta_r} \tag{74}$$

$$R_{зг} = \frac{5,7}{0,42} = 13,6 \text{ (Ом)}$$

Определяем сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_{зв} \leq \frac{R_{зг} \cdot R_{зв}}{R_{зг} - R_{зв}} \tag{75}$$

где $R_{зг}$ – действительное сопротивление растекания горизонтальных электродов;

$R_{зв}$ – сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$$R_{зв} \leq \frac{4,5 \cdot 4}{4,5 - 4} = 36 \text{ (Ом)}$$

Уточнённое число вертикальных электродов определяем при коэффициенте использования $\eta_B = 0,42$ (при $n=4$ и отношении $\frac{a}{l} = 1$):

$$n = \frac{36}{4 \cdot 0,74} = 12,2 \text{ (шт)}$$

Окончательно принимаем в контуре 14 вертикальных заземлителей.

Сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{зв} = \frac{12,5}{14 \cdot 0,42} = 2,13 \text{ (Ом)}$$

$$R_{зг} = 4,5 \text{ (Ом)}$$

$$R_{з\gamma} = \frac{2,13 \cdot 4,5}{2,13 + 4,5} = 1,45 \text{ (Ом)}$$

$$1,45 < 4 \text{ Ом}$$

Расчет показывает что схема заземления выбрана верно тк сопротивление не превышает предельного значения.

РП рассматриваемого объекта располагается в закрытом здании имеющем Ж/Б перекрытия, молниезащита ЗРУ при количестве часов грозовой деятельности менее 20, как в рассматриваемом регионе, не требуется

10 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА И СИГНАЛИЗАЦИЯ

10.1 Выбор системы оперативного тока

Схема управления коммутационным аппаратом определяется типом выключателя и его привода, техническими особенностями и специальными требованиями завода-изготовителя. При этом должны учитываться также схемы автоматики и защиты объекта, который включается данным выключателем.

В качестве источников оперативного тока существует три типа: постоянный, переменный и выпрямленный.

Источниками постоянного тока служат аккумуляторные батареи. В качестве источников переменного оперативного тока используют измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также трансформаторы собственных нужд подключенных к шинам низкого напряжения.

Источниками выпрямленного тока служат силовые выпрямительные устройства и блоки питания, которые питаются переменным током от измерительных трансформаторов тока и напряжения и трансформаторы собственных нужд.

Кроме того, в качестве источников оперативного тока используют заряженные заранее силовые конденсаторы.

Источники оперативного тока должны находиться в постоянной готовности в любых режимах работы электроустановки, в том числе и в послеаварийном режиме работы.

В ряде случаев применяются схемы питания оперативных цепей с использованием других источников тока. При малой мощности аккумуляторных батарей цепи управления и защиты получают питание от источников постоянного тока, а электромагниты включения масляных выключателей от выпрямительных устройств.

Систему оперативного тока исходя из условий надежности электроснабжения потребителей принимаем на постоянном оперативном токе, в качестве источника принимаем установку на РП аккумуляторных батарей в количестве 2 шт, с установкой специальных ЗВУ (зарядно выпрямительных устройств).

10.2 Релейная защита питающей линии

В данном разделе проводим расчет уставок защит устанавливаемых на питающей кабельной линии от ПС «Маломыр» до РП

Проводим расчет уставки $MTЗ$, ток срабатывания защиты [18]:

$$I_{CЗ} = \frac{k_n \cdot k_{сам} \cdot I_n}{k_\epsilon} \quad (76)$$

где k_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,2;

$k_{сам}$ – коэффициент само запуска принимается равным 1,5;

k_ϵ – коэффициент возврата 1,5;

I_n – максимальный рабочий ток рассчитанный при выборе КЛ;

$$I_{CЗ} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,8} \cdot 501,18 = 1128,56 \text{ (А)}$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{CP} = \frac{1128,56}{(600 / 5)} = 9,4 \text{ (А)}$$

Расчет коэффициента чувствительности

$$k_\epsilon = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{CЗ}} \quad (77)$$

где $I_{кз}^{(2)}$ – ток двухфазного короткого замыкания в конце линии;

$$k_\epsilon = \frac{4,55 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10^3}{1128,56} = 3,49$$

Значение коэффициента выше требуемого 1,5 следовательно расчет окончен

Проводим расчет уставки *защиты от перегрузки*, ток срабатывания защиты [18]:

$$I_{C3} = \frac{k_{omc}}{k_g} \cdot I_n \quad (78)$$

где k_{omc} – коэффициент отстройки, принимается равным 1,05

k_g – коэффициент возврата токового реле (принимается равным 0,8);

$$I_{C3} = \frac{1,05}{0,8} \cdot 501,18 = 657,8 \text{ (A)}$$

Ток срабатывания реле

$$I_{CP} = \frac{657,8}{(600/5)} = 5,47 \text{ (A)}$$

Время срабатывания защиты принимаем равным 9 с.

Проводим расчет уставки *токовой отсечки*, ток срабатывания защиты [18]:

$$I_{C3} = k_n \cdot I_{кз}^{(3)} \quad (79)$$

где $I_{кз}^{(3)}$ – ток трехфазного КЗ в конце линии те на шинах ППЭ;

$$I_{C3} = 1,2 \cdot 4,55 \cdot 10^3 = 5,55 \cdot 10^3 \text{ (A)}$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{CP} = \frac{5,55 \cdot 10^3}{(600/5)} = 45,83 \text{ (A)}$$

10.3 Автоматика

На ППЭ предусматривается устройство автоматического ввода резерва (АВР) на секционном выключателе (СВ-6).

Назначением устройства АВР является осуществление возможно быстрого автоматического переключения на резервное питание потребителей, обесточенных в результате повреждения или самопроизвольного отключения рабоче-

го источника электроснабжения (секции шин), что обеспечивает минимальные нарушения и потери в технологическом процессе.

Включение резервного источника питания на поврежденной секции сборных шин КРУ, как правило, не допускается во избежание увеличения объемов разрушений, вызванных КЗ, и аварийного снижения напряжения потребителей, электрически связанных с резервным источником. Действие АВР не должно приводить к недопустимой перегрузке резервного источника как в последующем установившемся режиме, так и в процессе само запуска потерявших питание электродвигателей потребителя.

Схемы АВР должны:

- обеспечивать, возможно, раннее выявление отказа рабочего источника питания;
- действовать согласованно с другими устройствами автоматически (АПВ, АЧР) в интересах возможно полного сохранения технологического процесса;
- не допускать включения резервного источника на КЗ;
- исключать недопустимые несинхронные включения потерявших питание синхронных электродвигателей на сеть резервного источника;
- не допускать подключение потребителей к резервному источнику, напряжение на котором понижено.

Выключатели, включаемые устройствами АВР, должны иметь контроль исправности цепи включения.

Выбранная защита удовлетворяет всем требованиям, перечисленным выше.

10.4 Сигнализация

Питание схемы центральной сигнализации переменным оперативным током осуществляется через автоматические выключатели «Сигнализация» от двух секций шинок управления щита СН.

Переключение питания центральной сигнализации с одного источника на другой при исчезновении напряжения осуществляется автоматически.

Аварийная и предупредительная сигнализация должны обеспечивать повторность действия, т.е. возможность принятия нового сигнала после ручного или автоматического съема звукового сигнала, независимо от наличия действующих предыдущих аварийных или предупредительных сигналов. Это достигается применением микроэлектронных двух-стабильных реле тока импульсной сигнализации типа РТД-11.

Для повышения надежности действия световой сигнализации табло световой сигнализации выполняются двухламповыми с параллельным соединением ламп. Это обеспечивает действие сигнализации при перегорании одной из них.

Схемой цепей сигнализации предусматривается возможность периодического контроля исправности ламп табло при помощи специальных участковых переключателей опробования ламп. При переключении его в положение «Опробование» лампы в каждом световом табло оказываются включенными последовательно на напряжение источника питания. В случае перегорания одной из ламп, данное табло при опробовании не загорается.

Для построения систем центральной сигнализации служит устройство «Сириус-ЦС». Оно позволяет обрабатывать сигналы, поступающие от микропроцессорных или электромеханических устройств защиты по шинкам сигнализации, фиксировать время появления и снятия сигналов от конкретных устройств защиты, подключаемых к дискретным оптронным входам, а также формировать сигналы обобщенной сигнализации.

10.5 Организация измерения и учета электрической энергии, телемеханизация, автоматизация

В данной работе рассматривается установка системы АИИС КУЭ на РП

Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета (АИИС КУЭ) предназначена для организации учета энергоресурсов у различных субъектов: генерирующих и сетевых компаний, гарантирующих поставщиков и крупных потребителей электроэнергии.

Типовая структура АИИС КУЭ включает в себя информационно-измерительные комплексы (ИИК) точек учета, информационно-вычислительные комплексы электроустановок (ИВКЭ) и информационно-вычислительный комплекс (ИВК) верхнего уровня системы. Более сложные системы могут дополнительно иметь общий центр сбора и обработки данных (ЦСОД), например для консолидации данных подчиненных по иерархии локальных систем учета.

В точках учета в составе ИИК используются интеллектуальные счетчики различных производителей, измерительные трансформаторы тока и напряжения, имеющие метрологическую аттестацию и отвечающие техническим требованиям ОРЭМ.

Для консолидации данных на уровне ИВКЭ (отдельные подстанции, ОРУ отходящих линий на электростанциях, распределительные устройства для собственных нужд и т. д.) используются УСПД ЭКОМ-3000 и другие типы УСПД, обеспечивающие опрос счетчиков и архивирование данных на требуемую глубину, а также синхронизацию измерений с помощью встроенного ГЛОНАСС/GPS-приемника единого времени.

На РП для управления процессом переключения коммутационными аппаратами используются средства телемеханики.

Телемеханика – это комплекс оборудования и программного обеспечения, которые обеспечивают возможность приема и передачи информации, сигналов от различных объектов, а также позволяют управлять оборудованием данных объектов. В данной статье рассмотрим, что представляют собой системы телемеханики электроэнергетических объектов – электростанций, подстанций.

Телемеханика электроэнергетических объектов, по сути, являющаяся автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУ ТП), включает в себя несколько отдельных систем:

- системы автоматического управления (САУ);
- средства диспетчерского и технического управления (СДТУ);

-программное обеспечение, служащее для сбора, обработки, хранения, анализа различной информации относительно работы электрического оборудования (SCADA);

-пульты управления, панели с переключающими устройствами, контрольно-измерительными приборами.

Для передачи данных между системами телемеханики объектов с центральными пунктами управления, в зависимости от взаимного расположения объектов, используют беспроводные, проводные средства связи, ВЧ-связь по высоковольтным линиям электропередач.

Системы телемеханики строятся таким образом, чтобы обеспечить высокую точность, скорость и надежность при передаче информации, сигналов управления оборудованием. Также одной из основных задач данных систем является организация быстрой и точной фиксации изменения тех или иных параметров электрической сети, состояния оборудования, что обеспечивается благодаря максимальной автоматизации данного процесса.

Системы телемеханики применяют для организации контроля и управления над оборудованием объектов, которые расположены в различной степени удаленности от центра управления. На энергетических объектах, на которых запрещено находиться продолжительное время или вообще нахождение человека невозможно (например, по причине высокого радиационного фона, высокого уровня загрязнения).

К достоинствам систем телемеханики можно отнести:

-независимость от удаленности объектов контроля и управления энергетическими объектами (для электрических распределительных подстанций – центральный диспетчерский пункт). Благодаря наличию телемеханических систем на энергетических объектах и использования современных средств связи, контроль и управление над данными объектами можно выполнять из любой точки, независимо от взаимного расположения объектов. То есть посредством систем телемеханики можно организовать контроль и управление над объектами, расположенными, например, в нескольких областях;

-возможность контроля над оперативно-техническим персоналом. Во время проведения оперативных переключений на оборудовании, особенно во время ликвидации аварий и технологических нарушений, оперативно-технический персонал может допустить ошибку. Благодаря наличию систем АСУ ТП, в частности SCADA, дежурный диспетчер, который отдает команды на операции с оборудованием на подстанции, может в реальном времени контролировать процесс выполнения команд.

- в случае допущения ошибок во время выполнения оперативных переключений, дежурный диспетчер может своевременно обнаружить данную ошибку и сообщить о ней оперативному персоналу, что позволяет предупредить возникновения различных негативных последствий.

- при необходимости вывода в ремонт силового трансформатора, оперативный персонал выполнит все необходимые операции по отключению данного элемента оборудования от электрической сети, но заземление данного элемента произведет только после того, как вышестоящий оперативный персонал – дежурный диспетчер лично убедится в правильности выполненных переключений и возможности производства дальнейших операций – заземления силового трансформатора. В зависимости от сложности выполняемых переключений такая проверка может выполняться несколько раз;

- экономия средств, благодаря наличию систем телемеханики на энергетических объектах, можно значительно снизить затраты на содержание обслуживающего персонала, так как контроль над режимом работы оборудования, считывания информации с микропроцессорных терминалов защит оборудования относительно нарушений режимов работы в электрических сетях, а также выполнения операций с высоковольтными выключателями, автоматическими выключателями с мотор-приводами можно вести дистанционно;

- оперативность. Управление оборудованием персоналом непосредственно на объекте занимает определенное количество времени: обнаружение неисправности, фиксирование в журнале, доклад вышестоящему персоналу, получение команды на выполнение тех или иных команд, фиксация команды в жур-

нале, выполнение команды, фиксация в журнале о выполненной команде, доклад вышестоящему персоналу.

В случае управления оборудованием дистанционно посредством систем АСУ ТП выполнение необходимых операций производится более оперативно, так как команда может быть выполнена непосредственно дежурным диспетчером сразу при возникновении такой необходимости.

11 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

11.1 Расчет капиталовложений

В данном разделе проводим расчет общих капиталовложений в строительство системы электроснабжения цеха флотации, общие капиталовложения будут определяться по следующей формуле:

$$K_{\Sigma} = K_{py} + K_{mp} + K_{кл} \quad (80)$$

где K_{py} - стоимость распределительных устройств

K_{mp} - стоимость трансформаторов 6/0,4 кВ

$K_{кл}$ - стоимость кабельных линий 6 и 0,4 кВ

Определяем все слагаемые, стоимость распределительных устройств определяется как:

$$K_{py} = N_{яч6} \cdot K_{яч6} + N_{яч0,4} \cdot K_{яч0,4} \quad (81)$$

где $N_{яч6}$ - количество ячеек выключателей 6 кВ

$K_{яч6}$ - стоимость одной ячейки выключателя 6 кВ

$N_{яч0,4}$ - количество ячеек выключателей 0,4 кВ

$K_{яч0,4}$ - стоимость одной ячейки выключателя 0,4 кВ

$$K_{py} = 15 \cdot 0,473 + 17 \cdot 0,123 = 9,18 \text{ (млн. руб.)}$$

Определяем стоимость трансформаторов:

$$K_{mp} = N_{mp} k_{mp} \quad (82)$$

где N_{mp} - количество трансформаторов (ед.)

k_{mp} - стоимость одного трансформатора (млн. руб.)

$$K_{mp} = 4 \cdot 0,747 + 2 \cdot 0,307 + 2 \cdot 0,211 = 4,02 \text{ (млн. руб.)}$$

Определяем стоимость кабельной линии:

$$K_{кл} = L_{кл6} \cdot k_{кл6} + L_{кл0,4} \cdot k_{кл0,4} \quad (83)$$

где $L_{кл6}$ - протяженность кабельной линии 6 кВ (км)

$k_{кл6}$ - стоимость кабельной линии 6 кВ с учетом монтажа (млн. руб./км)

$$K_{кл} = (4 \cdot 2 + 0,05 \cdot 8) \cdot 1,8 + 4,8 \cdot 0,75 = 18,72 \text{ (млн. руб.)}$$

Общая стоимость составит:

$$K_{\Sigma} = 9,18 + 4,02 + 18,72 = 31,92 \text{ (млн. руб.)}$$

11.2 Расчет эксплуатационных издержек

Издержки на эксплуатацию и ремонт электрооборудования вычисляются по формуле (в данном случае только подстанционное оборудование):

$$I_{\text{ЭКС}} = \alpha_{\text{ЭКС.ПС}} \cdot (K_{py} + K_{mp}) \quad (84)$$

где $\alpha_{\text{ЭКС.ПС}} = 5,9\%$ – норма отчислений на ежегодную эксплуатацию и ремонт подстанций:

$$I_{\text{ЭКС}} = \frac{5,9}{100} \cdot (9,18 + 4,02) = 0,79 \text{ (млн. руб.)}$$

11.3 Расчет амортизационных отчислений

Ежегодные издержки на амортизацию вычисляются по формуле:

$$I_{\text{АМ}} = \frac{K_{\Sigma}}{T_{\text{СЛ}}} \quad (85)$$

где $T_{\text{СЛ}} = 20 \text{ лет}$ – период службы для электрооборудования.

$$I_{AM} = \frac{(9,18 + 4,02)}{20} = 0,66 \text{ (млн. руб.)}$$

Расчет экономических показателей дал следующие результаты: общая стоимость реализации проекта составит 31,92 млн рублей, величина эксплуатационных издержек в год составит 0,79 млн рублей, амортизация основных средств составит 0,66 млн. рублей в год

12 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

12.1 Безопасность

Эксплуатация электроустановок ведется в соответствии с требованиями:

- «Правил эксплуатации электроустановок потребителями».
- «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок».
- «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ).

На предприятии «Маломырского» рудника приказом администрации из числа инженерно-технических работников должно быть назначено лицо, ответственное за общее состояние всего электрохозяйства предприятия.

Обслуживание электроустановок «Маломырского» рудника осуществляется специально обученным электротехническим персоналом, имеющим соответствующую квалификационную группу по электробезопасности.

Все электроустановки должны быть выполнены в объеме проекта, в соответствии с положениями СНиП и других действующих нормативных документов.

Электрооборудование и линии электропередач должны быть защищены от токов короткого замыкания устройствами релейной защиты, автоматическими выключателями или предохранителями. Для обеспечения надежности электроснабжения должны применяться средства автоматики: автоматическое включение резерва (АВР)

Запрещается эксплуатация и временное использование во взрывоопасных зонах электрооборудования, электропроводок, инструментов и приборов, не соответствующих требованиям ПУЭ и с нарушением элементов взрывозащиты.

К эксплуатации во взрывоопасных зонах допускается электрооборудование, изготовленное в соответствии с требованиями государственных стандартов на взрывозащищенное оборудование.

Уровень взрывозащиты электрооборудования должен соответствовать требованиям ПУЭ, а вид взрывозащиты – категории и группе взрывоопасных смесей.

Электрооборудование, не имеющее знаков взрывозащиты, к установке и эксплуатации не допускается.

Взрывозащищенное электрооборудование должно периодически осматриваться, испытываться, подвергаться техническому обслуживанию и ремонту в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером предприятия в сроки, определенные правилами технической эксплуатации (ПТЭ) и правилами техники безопасности (ПТБ).

Электродвигатели, светильники и распределительные устройства должны регулярно (не реже одного раза в месяц) очищаться от пыли.

Обслуживающий персонал «Маломырского» рудника должен быть обеспечен комплектами защитных средств.

Для подключения передвижного и ручного электрооборудования должны применяться гибкие кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде. Подключение передвижного и ручного электрооборудования следует предусматривать от соединительных коробок со штепсельными розетками.

Переносные светильники должны применяться только при наличии на них исправных защитных стеклянных колпаков и металлических сеток.

Тросы для подвески к ним проводов, кабелей или их пучков при воздушной прокладке должны быть надежно закреплены.

При эксплуатации электроустановок не допускается:

1) использование кабелей и проводов с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

2) соприкосновение проводов с металлическими конструкциями, производственными, технологическими и инженерными коммуникациями;

- 3) прокладка наружной электропроводки над (по) кровлями зданий и навесов, выполненных из горючих материалов, штабелями лесоматериалов, складами для хранения ГГ, ЛВЖ, ГЖ и других горючих материалов;
- 4) транзитная прокладка проводов и кабелей через складские помещения, в которых хранятся ГГ, ЛВЖ, ГЖ и другие горючие материалы;
- 5) применение стационарных светильников в качестве ручных переносных;
- 6) пользование неисправными электроустановочными изделиями (розетками, выключателями, ответвительными коробками, рубильниками и др.);
- 7) подвешивание светильников непосредственно на электрических проводах и кабелях;
- 8) оклеивание и окрашивание проводов и кабелей;
- 9) использование электроустановочных изделий (розетки, рубильники и другие виды изделий) для подвешивания одежды и других предметов;
- 10) обертывание ламп светильников бумагой, тканью и другими горючими материалами;
- 11) применение в качестве электрической защиты предохранителей, не соответствующих номинальному току, с некалиброванными плавкими вставками;
- 12) прокладывание проводов и кабелей непосредственно внутри горючих конструкций и под горючими отделочными материалами;
- 13) замена (отключение) предусмотренных предприятием-изготовителем либо проектной документацией аппаратов защиты (автоматические выключатели, заземляющие проводники, предохранители и другие средства защиты) электрооборудования другими видами защиты или аппаратами защиты с другими номинальными параметрами;
- 14) подключение электрооборудования сверх расчетных параметров электросети;
- 15) эксплуатация открытых распределительных электрощитов и пускорегулирующих аппаратов;

16) хранение в (на) электрощитах ЛВЖ, ГЖ и других горючих материалов;

17) эксплуатация взрывозащищенного электрооборудования с поврежденными или неисправными средствами взрывозащиты.

12.2 Экологичность

Процесс реализации намечаемой деятельности сопровождается воздействием на окружающую среду в виде выбросов и сбросов различных загрязняющих веществ, размещения отходов производства и потребления, нарушения почвенно-растительного покрова и т.п.

Опыт строительства и эксплуатации аналогичных объектов, позволяет выделить следующие компоненты окружающей среды, которые могут подвергаться воздействию:

- земельные ресурсы и почвенно-растительный покров;
- водные объекты;
- приземный слой атмосферы;

При этом следует отметить, что воздействие на окружающую среду в период строительства будет носить кратковременный характер, воздействие в период эксплуатации постоянный характер.

Воздействие на атмосферный воздух

Влияние на воздушный бассейн района работ *при строительстве* объекта и дальнейшей их эксплуатации различно, и зависит от вида источников выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) на каждом этапе, их количества и времени воздействия.

Загрязнение атмосферного воздуха в период строительства проектируемого объекта происходит при выбросах загрязняющих веществ и осуществляется не организованно в месте проведения работ или стоянки (нахождения в данный конкретный промежуток времени) строительных машин и механизмов.

В состав работ по строительству, при производстве которых происходит загрязнение атмосферы, будут входить:

- подготовительные работы, в т. ч. доставка строительных материалов, машин и механизмов на временную базу, устройство временных зданий и сооружений, расчистка участка, планировочные работы на площадке строительства;

- основные работы, включая земляные работы, строительные-монтажные и специальные работы, рекультивацию нарушенных земель.

Основными источниками выделения вредных веществ в период строительства являются:

- строительное оборудование и строительная техника; автомобильная техника;

- сварочное оборудование;

- окраска;

- заправка топливных баков;

- пыление грунта при земляных работах.

Данные источники характеризуются выбросами следующих загрязняющих веществ:

- автотранспорт (неорганизованный источник выбросов), при разогреве двигателей автомобилей и их пробеге по территории, в атмосферу выбрасываются: оксид углерода, углеводороды (по керосину), азота оксид, сажа, серы диоксид, формальдегид, безопорен;

- сварочный пост (неорганизованный источник выбросов), при производстве электросварки и газовой резки, в атмосферу выбрасываются: железа оксид, марганец и его соединения, хрома оксид, пыль неорганическая, фториды плохо растворимые, фториды газообразные, азота оксид, углерода оксид;

- лакокрасочные работы (неорганизованный источник выбросов), при проведении окрасочных работ в атмосферу выделяются: ацетон, бутилацетат, ксилол, толуол, уайт-спирит;

- земляные работы (неорганизованный источник выбросов), работа по выемке грунта сопровождается выбросом в атмосферу неорганической пыли.

Воздействие на атмосферный воздух будет ограничено только периодом строительства объекта.

Воздействие на земли и почвенный покров

При проведении работ возможны механические и химические негативные воздействия на состояние почвенного покрова. Воздействие на почвенный покров связано:

- с работой строительной техники (выбросы окислов углерода, азота и углеводородов),
- загрязнение почв отработанными маслами и смазками автотранспорта,
- проведением землеройных работ, сопровождающихся механическим нарушением структуры почвенного покрова (насыпь, выемка, перемешивание грунта, уплотнение).

Почвенный покров в пределах окрестных территорий будет также испытывать антропогенное-техногенное воздействие. Складирование бытового и строительного мусора может привести к загрязнению территории пластиком, стеклом, металлическим ломом.

После окончания работ и проведения своевременной рекультивации участков, территория должна вернуться к состоянию, максимально существовавшему до начала работ. При работах, связанных со строительством объекта основными природными средами воздействия будут являться: почвенный покров и атмосферный воздух.

Мероприятия по минимизации воздействия на атмосферный воздух

Этап строительства

В процессе выполнения строительных работ перечень мероприятий по минимизации загрязнения атмосферного воздуха включает в себя следующие:

- контроль за своевременным обслуживанием техники подрядной организацией и заправкой техники сертифицированным топливом;
- при длительных перерывах в работе (более 15 мин) запрещается оставлять механизмы с включенными двигателями;

- выполнение работ минимально необходимым количеством технических средств;

- выполнение регулярных проверок состава выхлопов автомобилей и строительной техники и недопущение к работе техники с повышенным содержанием вредных веществ в выхлопных газах;

- при выполнении строительно-монтажных работ предусмотреть максимально возможное применение механизмов с электроприводом;

- категорически запрещается сжигание строительного мусора на строительной площадке;

- предусмотреть производства работ поточным методом комплексного технологического потока.

Этап эксплуатации

Выполнение каких-либо специализированных мероприятий по минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух при эксплуатации электрооборудования не требуется.

Мероприятия по минимизации негативного воздействия на поверхностные и подземные воды

Этап строительства

В строительный период предусмотреть следующие мероприятия:

- обязательное соблюдение границы территории работ.

- минимальное использование на площадке строительной техники.

- оснащение рабочих мест и строительной площадки инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов в специально организованных местах, своевременная уборка и вывоз мусора;

- организация обслуживания, ремонта, отстоя автотранспорта и спецтехники на базе строительно-монтажной организации;

- заправка техники ГСМ на организованных АЗС общего пользования.

Этап эксплуатации

Выполнение каких-либо специализированных мероприятий по минимизации негативного воздействия на поверхностные и подземные воды при эксплуатации электрооборудования не требуется.

12.3 Чрезвычайные ситуации

Рассмотрим различные аварийные ситуации для данного объекта: Чрезвычайная ситуация это обстановка на объекте энергетики сложившаяся в результате возникновения какие какой-либо аварийной ситуации либо опасного явления природы, катастрофы, стихийного бедствия которая может повлечь за собой человеческие жертвы либо ущерб здоровью окружающих или природной среде, привести к материальным потерям либо нарушением условий жизнедеятельности.

Чрезвычайные ситуации разделяются на несколько видов по характеру источника а также по ее масштабам.

Электроэнергетическая система это часть энергосистемы включая подключенных потребителей электрической энергией объединённых процессом выработки, передачи и потребления электрической энергии. Рассмотрим различные виды аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики, аварии на объектах могут приводить к длительным перерывам электроснабжения потребителей значительных территорий, также к нарушению графиков движения транспорта, поражения людей электрическим током, транспортным авариям и так далее.

Рассмотрим подробно различные причины возникновения аварийных ситуаций, в первую очередь относим сюда погодные явления, обрывы проводов либо падение деревьев на них, разрушение опор воздушных линий электропередач из-за землетрясений либо наводнений, перегрузку оборудования из-за высокого потребления электрической энергии, износ оборудования в процессе его эксплуатации, человеческий фактор также являются причиной возникновения аварий, механические повреждения в результате выполнения каких-либо монтажных либо строительных работ,

Аварийные ситуации в электроэнергетике могут приводить к значительным перерывам электроснабжения нарушение дорожного движения отсутствие освещения в городе в темное время суток, нарушение работы различных предприятий, таких потребителей как телекоммуникации, водопроводная сеть канализационная сеть, отопление и так далее, могут создавать угрозы работы медицинского оборудования в больницах, приводить к отсутствию связи а также к различным бытовым неудобствам и так далее,.

Рассмотрим предупредительные меры для предотвращения возникновения чрезвычайной ситуации, основной мерой по ликвидации ЧС на системах является своевременная и быстрая реакция специальных сил для борьбы с чрезвычайными ситуациями, необходимо вовремя выполнять ремонт электрооборудования а также проводить информирование и разъяснение со специалистами работающими и обслуживающими данное оборудование.

Также для борьбы с чрезвычайными ситуациями необходимо выполнять комплекс превентивных мер для снижения возникновения аварийной ситуации и либо уменьшения последствий в результате их прохождения.

В настоящее время системы электроснабжения являются очень сложными объектами с различными связями и взаимодействиями решение, вопросов связанных с проектированием таких объектов только при использовании вычислительной техники и математики систем связи и коммуникаций, на основе систем электроснабжения реализовано значительной сферой деятельности и взаимодействия работников, малейшие аварии на системах электроснабжения ведут значительному материальному и моральному ущербу при отключении и потребителей электрической энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был разработан вариант системы электроснабжения цеха флотации «Маломырского» рудника напряжением 0,4 кВ. В ходе выполнения работы был произведен расчет электрических нагрузок номинальным напряжением 0,4 кВ и 6 кВ, а так же определена расчетная мощность на стороне высокого напряжения питающих трансформаторных подстанций 6 кВ. Произведен расчет токов короткого замыкания во всех характерных точках проектируемой электрической сети. Выполнена проверка основного электрического оборудования предполагаемого к установке на руднике. Выбрана современная защита силовых трансформаторов. Определены основные меры безопасности при работе в электроустановках в области охраны окружающей среды, а так же рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при эксплуатации электротехнического оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Виноградова, А.В. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию [Электронный ресурс] : методические указания / А.В. Виноградова. — Электрон. дан. — Орел : ОрелГАУ, 2013. — 89 с.

2 Дубинский, Г.Н. Наладка устройств электроснабжения напряжением выше 1000 В [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Н. Дубинский, Л.Г. Левин. — Электрон. дан. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2015. — 538 с.

3 Дубинский, Г.Н. Наладка устройств электроснабжения напряжением до 1000 В [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Н. Дубинский, Л.Г. Левин. — Электрон. дан. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2010. — 400 с.

4 Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.И. Васильченко [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011.— 243 с.

5 Конюхова Е.А. Электроснабжение [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Конюхова Е.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 510 с.

6 Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавец, Н.А. Черемисинова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 192 с.

7 Куско, А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии [Электронный ресурс] / А. Куско, М. Томпсон. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 334 с.

8 Малафеев, С.И. Надежность электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Малафеев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 368 с.

9 Мясоедов Ю.В. «Интеллектуализация систем электроснабжения» [Электронный ресурс] : моногр. / Ю. В. Мясоедов, Н. В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. -

Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 156 с.

10 Надёжность систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.В. Крючин [и др.]. — Электрон. дан. — Самара : , 2018. — 110 с.

11 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб и доп. – И.: Энергоатомиздат, 2016.

12 Родыгина, С.В. Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения. Передача, распределение, преобразование электрической энергии [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Родыгина. — Электрон. дан. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 72 с.

13 Савина, Наталья Викторовна. Теория надежности в электроэнергетике [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 214 с. : рис. - Библиогр.: с. 211

14 Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс дисц. для спец. 140211.65 / АмГУ, Эн.ф. ; сост. Н. В. Савина . - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2012. - 124 с. - Б. ц.

15 Собурь С.В. Пожарная безопасность электроустановок – М.ПожКнига 2015.

16 СТО ДИВГ-058-2017. Расчет токов коротких замыканий и замыканий на землю в распределительных сетях. Методические указания. 2017г.

17 Фролов, Ю.М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 432 с.

18 Ханин, Ю.И. Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Ханин, Р.П. Короткий. — Электрон. дан. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2018. — 124 с.

19 Шлейников, В.Б. Курсовое проектирование по электроснабжению [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Б. Шлейников. — Электрон. дан. — Оренбург : ОГУ, 2017. — 104 с.

20 Электроснабжение. Расчет токов короткого замыкания [Электронный

ре-курс]: методические указания к практическим и курсовой работам/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 47 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ второго варианта системы электроснабжения 0,4 кВ

Наименование точки КЗ	$I_{\text{по}}$ (кА)
Мешалка бака кондиционирования	1,53
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,53
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,54
Мешалка бака кондиционирования	1,59
Мешалка флотомашин основной флотации	9,84
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	2,39
Насос рециркуляции флотации	1,19
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,54
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,11
Насос возврата пробоотбора	1,12
Насос возврата пробоотбора	1,12
Насос флотоконцентрата	1,16
Насос зумпфа участка флотации	1,98
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	1,55
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	1,99
Насос перекачки пробоотбора	1,13
Насос зумпфа участка флотации	1,98
Насос рециркуляции флотации	1,52
Насос рециркуляции флотации	1,1
ПР-1	4,76
ПР-2	4,59
ПР-3	4,65
ПР-4	4,19

Наименование потребителя	$I_{\text{по}}$ (кА)
Мешалка бака кондиционирования	1,59
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,51
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	4,34
Мешалка бака кондиционирования	1,62
Мешалка флотомашин основной флотации	9,85
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	1,5
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	1,25
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,65
Насос возврата пробоотбора	1,68
Насос флотоконцентрата	1,29
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	1,29
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	1,98
Насос перекачки пробоотбора	1,19
Насос рециркуляции флотации	1,86
Насос рециркуляции флотации	1,45
ПР-5	1,77

ПР-6	1,99
ПР-7	1,65
ПР-8	1,94

Наименование потребителя	$I_{\text{по}}$ (кА)
Грохот щепы	1,22
Насос слива сгустителя концентрата	1,24
Насос рециркуляции флотации	6,01
Механизм загрузки и вращения сгустителя	1,56
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	1,51
Насос для промывки ткани	1,69
Насос для промывки коллектора	4,54
Насос питания фильтра	6,25
Насос зумпфа сгустителя концентрата	1,19
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	1,33
Насос приемного бака фильтрата	1,24
Пресс-фильтр, конвейер кека	1,34
ПР-9	1,98
ПР-10	1,12

Наименование потребителя	$I_{\text{по}}$ (кА)
Насос дозировки вспенивателя	0,58
Дозирующий насос керосина	0,57
Насос перекачки бутилового спирта	0,58
Дозирующий насос бутилового спирта	0,54
Насос перекачки флокулянта	0,53
Насос дозирования флокулянта	0,51
Насос дозирования флокулянта	0,52
Насос дозировки жидкого стекла	0,56
Насос перекачки жидкого стекла	4,54
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	1,56
Воздушный компрессор воздуха отжима	4,59
Воздушный компрессор воздуха КИП	1,99
ПР-11	0,52
ПР-12	0,49

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Выбор и проверка проводников в сети 0,4 кВ второго варианта системы электроснабжения 0,4 кВ

Наименование точки	S_T (мм ²)	$S_{факт}$ (мм ²)
Мешалка бака кондиционирования	11,39	16
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	33,72	95
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	33,79	95
Мешалка бака кондиционирования	11,83	16
Мешалка флотомашин основной флотации	73,24	185
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	8,78	10
Насос рециркуляции флотации	8,86	10
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	11,46	16
Механизм загрузки и вращения сгустителя	8,26	10
Насос возврата пробоотбора	8,34	10
Насос возврата пробоотбора	8,34	10
Насос флотоконцентрата	8,63	10
Насос зумпфа участка флотации	14,74	25
Мешалка флотомашин 2:ой пересчетной флотации	11,54	16
Мешалка флотомашин 1:ой пересчетной флотации	14,81	25
Насос перекачки пробоотбора	8,41	10
Насос зумпфа участка флотации	14,74	25
Насос рециркуляции флотации	11,31	16
Насос рециркуляции флотации	8,19	10
ПР-1	42,55	95
ПР-2	34,16	95
ПР-3	34,61	95
ПР-4	34,91	95

Наименование потребителя	S_T (мм ²)	$S_{факт}$ (мм ²)
Мешалка бака кондиционирования	7,83	10
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	33,57	95
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	32,30	95
Мешалка бака кондиционирования	12,06	16
Мешалка флотомашин основной флотации	73,32	185
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	8,16	10
Насос сгущенного продукта сгустителя углистого концентрата	9,30	16
Механизм загрузки и вращения сгустителя	9,28	10
Насос возврата пробоотбора	9,50	10
Насос флотоконцентрата	9,60	10
Мешалка флотомашин 2:ой пересчетной флотации	9,60	10
Мешалка флотомашин 1:ой пересчетной флотации	14,74	25
Насос перекачки пробоотбора	8,86	10
Насос рециркуляции флотации	13,84	16
Насос рециркуляции флотации	8,79	10
ПР-5	15,23	25

ПР-6	14,95	25
ПР-7	13,51	25
ПР-8	13,44	25

Наименование потребителя	S_T (мм ²)	$S_{факт}$ (мм ²)
Грохот щепы	9,08	10
Насос слива сгустителя концентрата	9,23	10
Насос рециркуляции флотации	44,73	150
Механизм загрузки и вращения сгустителя	9,61	10
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	9,24	10
Насос для промывки ткани	9,58	10
Насос для промывки коллектора	33,79	95
Насос питания фильтра	46,52	150
Насос зумпфа сгустителя концентрата	8,86	10
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	9,90	10
Насос приемного бака фильтрата	9,23	10
Пресс-фильтр, конвейер кека	9,97	10
ПР-9	14,74	25
ПР-10	8,34	10

Наименование потребителя	S_T (мм ²)	$S_{факт}$ (мм ²)
Насос дозирования вспенивателя	2,32	2,5
Дозирующий насос керосина	2,24	2,5
Насос перекачки бутилового спирта	2,32	2,5
Дозирующий насос бутилового спирта	2,02	2,5
Насос перекачки флокулянта	1,94	2,5
Насос дозирования флокулянта	1,80	2,5
Насос дозирования флокулянта	1,87	2,5
Насос дозирования жидкого стекла	2,17	2,5
Насос перекачки жидкого стекла	33,79	95
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	9,61	10
Воздушный компрессор воздуха отжима	34,16	95
Воздушный компрессор воздуха КИП	14,81	25
ПР-11	1,87	2,5
ПР-12	1,65	2,5

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Выбор и проверка автоматических выключателей второго варианта системы электроснабжения 0,4 кВ

Наименование потребителя	I_P (А)	Тип АВ	$I_{ном АВ}$ (А)	$I_{расц}$ (А)
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин основной флотации	325,43	ВА53-41-134770	400	2500
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	3,52	ВА57-35-344770	40	400
Насос рециркуляции флотации	15,99	ВА57-35-344770	40	400
Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	43,61	ВА57-35-344770	63	400
Механизм загрузки и вращения сгустителя	5,98	ВА57-35-344770	40	400
Насос возврата пробоотбора	10,28	ВА57-35-344770	40	400
Насос возврата пробоотбора	14,02	ВА57-35-344770	40	400
Насос флотоконцентрата	11,80	ВА57-35-344770	40	400
Насос зумпфа участка флотации	65,42	ВА57-35-344770	100	630
Мешалка флотомашин 2:ой перемешивающей флотации	38,70	ВА57-35-344770	40	400
Мешалка флотомашин 1:ой перемешивающей флотации	65,09	ВА57-35-344770	100	630
Насос перекачки пробоотбора	9,14	ВА57-35-344770	40	400
Насос зумпфа участка флотации	61,47	ВА57-35-344770	100	630
Насос рециркуляции флотации	49,84	ВА57-35-344770	63	400
Насос рециркуляции флотации	18,27	ВА57-35-344770	40	400
ПР-1	190,72	ВА53-41-134770	400	2500
ПР-2	287,77	ВА53-41-134770	400	2500
ПР-3	162,56	ВА53-41-134770	160	1600
ПР-4	135,15	ВА53-41-134770	160	1600

Наименование потребителя	I_P (А)	Тип АВ	$I_{ном АВ}$ (А)	$I_{расц}$ (А)
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка флотомашин предварительной флотации углерода	131,93	ВА53-41-134770	160	1600
Мешалка бака кондиционирования	52,77	ВА57-35-344770	63	400
Мешалка флотомашин основной флотации	325,43	ВА53-41-134770	400	2500
Мешалка флотомашин основной флотации подогрев редуктора	3,52	ВА57-35-344770	40	400

Насос сгущенного продукта сгустителя углестого концентрата	43,61	BA57-35-344770	63	400
Механизм загрузки и вращения сгустителя	5,98	BA57-35-344770	40	400
Насос возврата пробоотбора	10,28	BA57-35-344770	40	400
Насос флотоконцентрата	14,02	BA57-35-344770	40	400
Мешалка флотомашин 2:ой перечистой флотации	38,70	BA57-35-344770	40	400
Мешалка флотомашин 1:ой перечистой флотации	65,09	BA57-35-344770	100	630
Насос перекачки пробоотбора	9,14	BA57-35-344770	40	400
Насос рециркуляции флотации	49,84	BA57-35-344770	63	400
Насос рециркуляции флотации	18,27	BA57-35-344770	40	400
ПР-5	96,32	BA57-35-344770	100	630
ПР-6	131,0	BA53-41-134770	160	1600
ПР-7	68,16	BA57-35-344770	100	630
ПР-8	59,85	BA57-35-344770	63	400

Наименование потребителя	I_p (А)	Тип АВ	$I_{ном.АВ}$ (А)	$I_{расч}$ (А)
Грохот щепы	2,99	BA57-35-344770	40	400
Насос слива сгустителя концентрата	10,90	BA57-35-344770	40	400
Насос рециркуляции флотации	205,59	BA53-41-134770	400	2500
Механизм загрузки и вращения сгустителя	2,66	BA57-35-344770	40	400
Насос сгущенного продукта сгустителя концентрата	10,28	BA57-35-344770	40	400
Насос для промывки ткани	34,58	BA57-35-344770	40	400
Насос для промывки коллектора	140,18	BA53-41-134770	160	1600
Насос питания фильтра	205,59	BA53-41-134770	400	2500
Насос зумпфа сгустителя концентрата	41,12	BA57-35-344770	63	400
Мешалка бака сгущенного продукта сгустителя концентрата	32,54	BA57-35-344770	40	400
Насос приемного бака фильтрата	20,56	BA57-35-344770	40	400
Пресс-фильтр, конвейер кека	9,75	BA57-35-344770	40	400
ПР-9	68,9	BA57-35-344770	100	630
ПР-10	42,14	BA57-35-344770	63	400

Наименование потребителя	I_p (А)	Тип АВ	$I_{ном.АВ}$ (А)	$I_{расч}$ (А)
Насос дозировки вспенивателя	1,03	BA57-35-344770	16	250
Дозирующий насос керосина	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос перекачки бутилового спирта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Дозирующий насос бутилового спирта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос перекачки флокулянта	14,02	BA57-35-344770	16	250
Насос дозирования флокулянта	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос дозирования флокулянта	1,03	BA57-35-344770	16	250

Насос дозировки жидкого стекла	1,03	BA57-35-344770	16	250
Насос перекачки жидкого стекла	140,18	BA53-41-134770	160	1600
Мешалка бака смешивания жидкого стекла	19,35	BA57-35-344770	40	400
Воздушный компрессор воздуха отжима	144,86	BA53-41-134770	160	1600
Воздушный компрессор воздуха КИП	72,43	BA57-35-344770	100	630
ПР-11	5,15	BA57-35-344770	16	250
ПР-12	18,12	BA57-35-344770	40	400