

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение обогатительной фабрики АО УК «Разрез Степной»
тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

А. Н. Стрельченко
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2023

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работы

Студенту Стрельченко Андрею Николаевичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн 18-01(з-18) Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код)

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение обогатительной фабрики АО УК «Разрез Степной»

Утверждена приказом по институту № 287 от 17 .05 .2023 г.

Руководитель ВКР Е. В. Платонова, доцент кафедры «ЭМиАТ»

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР данные по установленному электрооборудованию, системе электроснабжения обогатительной фабрики.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

- 1 Характеристика объекта
- 2 Расчет электрических нагрузок первого уровня
- 3 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и разработка схемы электроснабжения обогатительной фабрики
- 4 Расчет освещения
 - 4.1 Светотехнический расчет освещения
 - 4.2 Электротехнический расчет освещения
 - 4.3 Мощность осветительной нагрузки
- 5 Выбор мощностей и количества трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности
- 6 Выбор силовых сборок второго уровня и конструктивного исполнения сети. Заземление и молниезащита
- 7 Выбор защитных аппаратов
- 8 Выбор сечений кабелей
- 9 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры
- 10 Проверка по допустимому отклонению напряжения для самого мощного и для самого удалённого электроприемников

Перечень обязательных листов графической части:

1. План обогатительной фабрики с силовыми сетями
2. План обогатительной фабрики с осветительными сетями
3. Однолинейная схема электроснабжения
4. Анализ качества напряжения

Руководитель ВКР

Е. В. Платонова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

А. Н. Стрельченко

(подпись, инициалы и фамилия студента)

03 03 2023 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение обогатительной фабрики АО УК «Разрез Степной» содержит 55 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 4 листа графического материала, приложений нет.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА, СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, УРОВНИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ПИТАЮЩИЙ ПРОВОДНИК, ТОК К.З.

Объект исследования – обогатительная фабрика АО УК «Разрез Степной».

Предмет исследования – система электроснабжения обогатительной фабрики.

Целью бакалаврской работы является разработка нового варианта схемы электроснабжения обогатительной фабрики при условии увеличения добычи угля.

В ходе выполнения работы была дана характеристика объекта проектирования и обоснование реконструкции схемы его электроснабжения. На предварительном этапе были рассчитаны электрические нагрузки на первом уровне для силовых электроприемников, а также количество и мощность светильников, рассчитана нагрузка на втором уровне электроснабжения для узлов питания. На основании этих полученных результатов были выбраны актуальные марки трансформаторов соответствующей мощности и с учетом применения компенсирующих устройств для повышения коэффициента мощности и выполнения договорных условий по электроснабжению.

Для защиты узлов второго уровня и индивидуальных электроприемников выбраны защитные аппараты (автоматические выключатели), и далее, с ними согласованы сечения проводников (кабельные линии различного сечения). Для выбора щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры произведены электротехнические расчеты рабочего и аварийного освещения.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, в области проектирования конфигурации электроснабжения, могут быть использованы для реконструкции и проектирования систем электроснабжения обогатительных фабрик угольных предприятий и других подобного рода объектов.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Power supply of the processing plant JSC "MC" Stepnoy Razrez "" contains 55 pages of a text document, 25 sources used, 4 sheets of graphic material, no applications.

RECONSTRUCTION, PROCESSING FACTORY, POWER SUPPLY SCHEME, POWER SUPPLY LEVELS, ELECTRIC LOADS, LIGHTING, POWER TRANSFORMER, AUTOMATIC SWITCH, SUPPLY CONDUCTOR, SHORT-CUT CURRENT

The object of study is the processing plant JSC "MC" Stepnoy Razrez.

The subject of the study is the power supply system of the processing plant.

The purpose of the bachelor's work is to develop a new version of the power supply scheme for the processing plant, subject to an increase in coal production.

In the course of the work, the characteristics of the design object and the rationale for the reconstruction of its power supply scheme were given. At the preliminary stage, electrical loads were calculated at the first level for power receivers, as well as the number and power of lamps, the load at the second level of power supply for power units was calculated. Based on these results, the current brands of transformers of the appropriate power were selected, taking into account the use of compensating devices to increase the power factor and fulfill contractual conditions for power supply.

To protect the nodes of the second level and individual electrical receivers, protective devices (circuit breakers) were selected, and further, the sections of conductors (cable lines of various sections) were coordinated with them. To select lighting panels, cables and protective equipment, electrical calculations of working and emergency lighting were made.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions in the field of designing the power supply configuration can be used for the reconstruction and design of power supply systems for coal processing plants and other similar facilities.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Характеристика объекта.....	8
2 Расчет электрических нагрузок первого уровня.....	12
3 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и разработка схемы электроснабжения обогатительной фабрики.....	15
4 Расчет освещения.....	19
4.1 Светотехнический расчет освещения.....	19
4.2 Электротехнический расчет освещения.....	21
4.3 Мощность осветительной нагрузки.....	24
5 Выбор мощностей и количества трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности.....	25
6 Выбор силовых сборок второго уровня и конструктивного исполнения сети.....	32
7 Расчет защитных аппаратов.....	34
8 Выбор сечений кабелей.....	36
9 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры по условиям устойчивости токам короткого замыкания.....	39
10 Проверка по допустимому отклонению напряжения для самого мощного и для самого удалённого электроприемников.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	54

ВВЕДЕНИЕ

С появлением и развитием инженерных технологий, а также в соответствии с актами присоединения к электросетям перед специалистами возникает проблема должного оформления проекта реконструкции электросети в связи с изменением объемов производства, например, в связи с увеличением добычи угля на угольном предприятии. Нужно подробно расписать, какое оборудование подлежит демонтажу, какое реконструкции. На основании этого нужно составить ведомость электрических нагрузок, которые будут после реконструкции. Схемы подключения объекта и раскладка питающих линий должны быть рациональными и при наименьшем расходе проводов и кабелей.

Объект исследования – обогатительная фабрика АО УК «Разрез Степной».

Предмет исследования – система электроснабжения обогатительной фабрики.

Целью бакалаврской работы является разработка нового варианта схемы электроснабжения обогатительной фабрики при условии увеличения добычи угля.

Задачами данной ВКР являются:

- расчет электрических нагрузок электрической сети обогатительной фабрики;
- светотехнический и электротехнический расчет освещения рабочего и аварийного освещения;
- выбор мощности и количества трансформаторов;
- выбор защитных аппаратов электрических приемников и электрических сетей;
- выбор сечений проводов и жил кабелей для подключения электроприемников;
- расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры по условиям устойчивости токам короткого замыкания;
- анализ качества напряжения в цеховой электрической сети обогатительной фабрики;
- выбор средств компенсации реактивной мощности.

1 Характеристика объекта

АО УК «Разрез Степной» ведет отработку запасов Черногорского каменноугольного месторождения Минусинского угольного бассейна, находящегося на левом берегу реки Енисей, вблизи устья реки Абакан. Месторождение расположено на территории Усть-Абаканского муниципального района Республики Хакасии.

Планом развития предприятия предусмотрено увеличение производственной мощности до 5,0 млн. тонн в год, которое потребует реконструкции системы электроснабжения предприятия. Задачи реконструкции системы электроснабжения решаются в выпускной квалификационной работе. Проект реконструкции схемы электроснабжения обогатительной фабрики выполняется на основании технического задания на разработку рабочей документации, согласно техническим условиям, выданным АО УК «Разрез Степной», и с учетом требований ПУЭ [7].

Внешнее электроснабжение проектируемой двухтрансформаторной подстанции, питающей обогатительную фабрику, предусматривается от существующей ВЛ-6кВ №104 от РП-7яч. 421 и от подлежащей строительству ВЛ-6кВ от РП-5 яч. 516.

На рисунке 1.1 представлен план сетей электроснабжения обогатительной фабрики с учетом реконструкции, а для него в таблице 1.1 указаны в качестве экспликации зданий и сооружений объекты фабрики, разделенные на три категории: «существующее», «проектируемое», «демонтаж».

По режиму работы электроприёмники работают в основном в продолжительном режиме с постоянной или мало изменяющейся нагрузкой работают различные двигатели производственных механизмов, имеются также электроприемники, работающие в повторно-кратковременном режиме работы (кран) и другое оборудование.

По мощности и напряжению электроприемники относятся к потребителям малой, средней и большой мощности, питание которых возможно и экономически целесообразно на напряжении 380 В. По роду тока электроприёмники относятся к потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц). ЭП имеются как трехфазные, так и однофазные. Все электроприемники обогатительной фабрики рассчитаны на напряжение 380/220 В. По категории надежности электроприемники обогатительной фабрики относятся к I и II категории. Для резервирования питания ЭП I категории предусматривается устройство АВР.

Таблица 1.1 – Объекты фабрики (здания и сооружения), разделенные на три категории: «существующее», «проектируемое», «демонтаж»

Номер на плане	Наименование	Примечание
1	2	3
1	Пункт приёма и дробления рядового угля	Существующее
2	Эстакада ленточного конвейера поз. 3	Существующее
3	Участок классификации рядового угля	Существующее
4	Участок ручной породовыборки	Демонтаж
5	Эстакада ленточного конвейера поз. 6 (поз. 6.1, 6.2)	Существующее
6	КТП	Проектируемое
7	Эстакада ленточного конвейера поз. 8	Существующее
8	Пункт погрузки 6 железнодорожный транспорт	Существующее
9	Эстакада ленточного конвейера поз. 10	Реконструкция
10	Эстакада ленточного конвейера поз. 12 с приёмным бункером	Существующее
11	Пункт погрузки 6 железнодорожный транспорт	Существующее
12	Эстакада ленточного конвейера поз. 15 с приёмным бункером	Демонтаж
13	Эстакада ленточного конвейера поз. 21	Существующее
14	Эстакада ленточного конвейера поз. 22	Существующее
15	Эстакада ленточного конвейера поз.	Существующее
16	Пункт погрузки в железнодорожный транспорт	Существующее
17	Эстакада ленточного конвейера поз 21	Существующее
18	Эстакада ленточного конвейера поз 29 с приёмным бункером	Демонтаж
19	Пункт погрузки в железнодорожный транспорт	Демонтаж
20	Узел классификации угля	Существующее
21	Эстакада ленточного конвейера поз 41	Существующее
22	Эстакада ленточного конвейера поз 50	Существующее
23	Главный корпус с энергоблоком	Реконструкция
24	Эстакада ленточного конвейера поз 58	Существующее
25	Эстакада ленточного конвейера поз 59	Существующее
26	Галерея ленточного конвейера поз 64	Существующее
27	Эстакада ленточного конвейера поз 60	Демонтаж
28	Теплый переход из корпуса обогащения класса 13-200 мм в главный корпус	Проектируемое
29	Эстакада конвейера поз 204	Проектируемое
30	Эстакада конвейера поз 205	Проектируемое
31	Котельная	Существующее
32	Эстакада конвейера поз. 206	Проектируемое
33	Эстакада конвейера поз. 15	Проектируемое
3к	Корпус обогащения т 13-200 мм	Проектируемое
35	Эстакада конвейеров поз. 110-1 и 110-11 с помещением оператора	Проектируемое
36	Устройство маневровое на ж.-д. пути № 4	Проектируемое
37	Ж.-д. весы на пути № 4	Проектируемое
38	Кабельная эстакада	Проектируемое
39	ПСУ2	Существующее

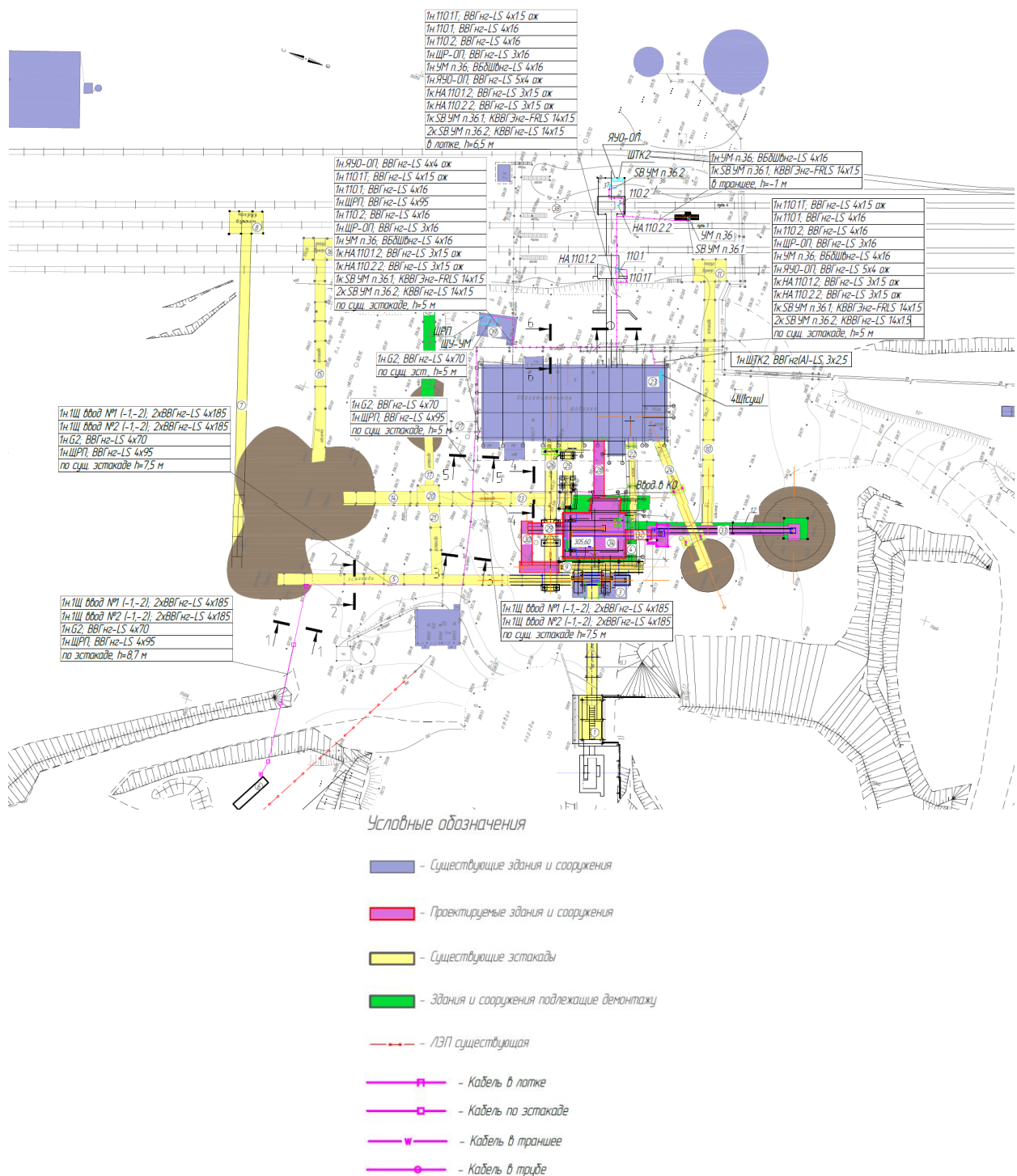


Рисунок 1.1 – План сетей электроснабжения обогатительной фабрики с указанием существующих, проектируемых и подлежащих демонтажу объектов электроснабжения (зданий и сооружений)

В соответствии с перечнем указанных объектов фабрики, составим ведомость электрических нагрузок обогатительной фабрики (2-й корпус), электроприемники которых планируется ввести в технологический процесс после реконструкции (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Ведомость электрических нагрузок обогатительной фабрики (2-й корпус)

№ п/п	Номер по плану	Наименование ЭП	Тип (марка) ЭП	Номинальная мощность ЭП, кВт
1	2	3	4	5
1	ШР1	Отсадочная машина	Romjig поз.202-I	124,5
2	ШВ	Система вентиляции	-	8,54
3	203.1	Насос для откачки шлама (рабочий)	Warman 4/3C-AH	30,0
4	204M1	Конвейер ленточный	ВРП160M4	18,5
5	204M2	Тормоз	ТКГ-200	0,16
6	205M1	Конвейер ленточный	ВРП160M4	18,5
7	205M2	Тормоз	ТКГ-200	0,16
8	201	Кран мостовой электрический однобалочный подвесной	-	19,3
9	208.1	Насос (резервный)	Warman 4/3C-AH	22,0
10	207	Насос погружной	Warman Hazleton SHW 50-250	7,5
11	ШР4	Управление шиберами поз. 304,305	МЭП-РВМ/ВМ-10/55-400-ЦШ-НВ	3,0
12	ШК4	Шкаф контроллера	-	1,0
13	ШР3	Система вентиляции П1	ВИР400-5,6-1-RD45-160S2-О-В-УХЛ1	30,0
14	ШР2	Отсадочная машина	Romjig поз.202-II	124,5
15	203.2	Насос для откачки шлама (рабочий)	Warman 4/3C-AH	30,0
16	206	Конвейер ленточный	ВРП160M4	18,5
17	15M1	Конвейер ленточный	ВРП160M4	18,5
18	15M2	Тормоз	ТКГ-200	0,16
19	208.2	Насос (рабочий)	Warman 4/3C-AH	22,0
20	№2	Штепсельные розетки	-	2,0
21	4	Электрообогреватель	НОВО С4F10XSC	1,0
22	5	Электрообогреватель	НОВО С4F10XSC	1,0
23	6	Воздушно-отопительный агрегат А1	АВО-64	0,48
24	7	Воздушно-отопительный агрегат А2	АВО-64	0,48
25	9	Воздушно-отопительный агрегат А3	АВО-64	0,48
26	8	Воздушно-отопительный агрегат А4	АВО-64	0,48
27	14	Воздушно-отопительный агрегат А8	АВО-64	0,48
28	13	Воздушно-отопительный агрегат А7	АВО-64	0,48
29	12	Воздушно-отопительный агрегат А6	АВО-64	0,48
30	11	Воздушно-отопительный агрегат А5	АВО-64	0,48
31	16	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	КРОС 91-040-T80-Н-01500/4-УХЛ1	0,55
32	17	Клапан воздушный системы вентиляции В1	ГЕРМИК-С-0550-0970-Н-П-11-00-00-У2	0,3
33	18	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	КРОС 91-040-T80-Н-01500/4-УХЛ1	0,55
34	19	Клапан воздушный системы вентиляции В1	ГЕРМИК-С-0550-0970-Н-П-11-00-00-У2	0,3
35	ШУ Ф-КИФ	Фильтровентиляционная установка	Ф-КИФ	1,0

2 Расчет электрических нагрузок первого уровня

Для осуществления данного расчета сформируем первичные группы трехфазных электроприемников. В качестве исходных данных для расчетов будем использовать технические характеристики электроприемников, представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики электроприемников обогатительной фабрики (корпус 2)

№	Наименование ЭП	$P_{ном}$ кВт	ПВ, %	Ки	cosφ	tgφ	Число фаз
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Отсадочная машина	124,5	100	0,6	0,9	0,48	3
2	Система вентиляции	8,54	100	0,6	0,83	0,67	3
3	Насос для откачки шлама (рабочий)	30	100	0,7	0,75	0,88	3
4	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	3
5	Тормоз	0,16	40	0,4	0,69	1,05	3
6	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	3
7	Тормоз	0,16	40	0,4	0,69	1,05	3
8	Кран мостовой электрический однобалочный подвесной	19,3	40	0,15	0,74	0,91	3
9	Насос (резервный)	22	100	0,7	0,8	0,75	3
10	Насос погружной	7,5	100	0,7	0,75	0,88	3
11	Управление шиберами	3	100	0,6	0,63	1,23	3
12	Шкаф контроллера	1	100	0,6	1	0	1
13	Система вентиляции П1	30	100	0,6	0,85	0,62	3
14	Отсадочная машина	124,5	100	0,6	0,9	0,48	3
15	Насос для откачки шлама (рабочий)	30	100	0,7	0,75	0,88	3
16	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	3
17	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	3
18	Тормоз	0,16	40	0,4	0,69	1,05	3
19	Насос (рабочий)	22	100	0,7	0,8	0,75	3
20	Штепсельные розетки	2	100	0,3	0,85	0,62	1
21	Электрообогреватель	1	100	0,7	1	0	1
22	Электрообогреватель	1	100	0,7	1	0	1
23	Воздушно-отопительный агрегат А1	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
24	Воздушно-отопительный агрегат А2	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
25	Воздушно-отопительный агрегат А3	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
26	Воздушно-отопительный агрегат А4	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
27	Воздушно-отопительный агрегат А8	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
28	Воздушно-отопительный агрегат А7	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
29	Воздушно-отопительный агрегат А6	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
30	Воздушно-отопительный агрегат А5	0,48	100	0,6	0,86	0,59	1
31	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	0,55	100	0,6	0,65	1,17	3
32	Клапан воздушный системы вентиляции В1	0,3	100	0,6	0,69	1,05	3
33	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	0,55	100	0,6	0,65	1,17	3
34	Клапан воздушный системы вентиляции В1	0,3	100	0,6	0,69	1,05	3
35	Фильтровентиляционная установка	1	100	0,7	1	0	1
	ИТОГО	507,36					

Для электроустановок, работающих в длительном режиме [5, 6]:

$$P_{p1} = P_{ном}, \quad (2.1)$$

Для ЭП повторно-кратковременного режима (кран, тормозы) учитывается его продолжительность включения (ПВ=40%).

Другие необходимые для вычисления нагрузки величины:

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg} \varphi = P_{p1} \operatorname{tg}(\arccos(\cos \varphi)), \quad (2.2)$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \quad (2.3)$$

$$I_p = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} U_{ном}}, \quad (2.4)$$

$$I_{п} = K_{п} I_p, \quad (2.5)$$

Пример расчета для ЭП №8 (кран мостовой электрический однобалочный подвесной):

$$P_{p1} = 19,3 \sqrt{0,4} = 12,21 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 12,21 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,74)) = 11,11 \text{ кВар};$$

$$S_{p1} = \sqrt{12,21^2 + 11,11^2} = 16,51 \text{ кВА.}$$

$$I_{p1} = \frac{16,51 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 25,2 \text{ А};$$

$$I_{п} = K_{п} \cdot I_{p1} = 5 \cdot 25,2 = 126 \text{ А.}$$

Для прочих ЭП обогатительной фабрики расчет нагрузок обогатительной фабрики аналогичен продемонстрированному примеру выше (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Расчет нагрузок обогатительной фабрики (корпус 2)

№	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	ПВ, %	Ки	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{р1}$, кВт	$Q_{р1}$, кВар	$S_{р1}$, кВА	I_p , А	$I_{пуск}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Отсадочная машина	124,5	100	0,6	0,9	0,48	124,5	59,76	138,1	211	1055,00
2	Система вентиляции	8,54	100	0,6	0,83	0,67	8,54	5,72	10,28	15,65	78,25
3	Насос для откачки шлама (рабочий)	30	100	0,7	0,75	0,88	30	26,4	39,96	60,8	304,00
4	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	18,5	16,28	24,64	37,5	187,50
5	Тормоз	0,16	40	0,4	0,69	1,05	0,1	0,11	0,15	0,22	1,10
6	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	18,5	16,28	24,64	37,5	187,50
7	Тормоз	0,16	40	0,4	0,69	1,05	0,1	0,11	0,15	0,22	1,10
8	Кран мостовой электрический однобалочный подвесной	19,3	40	0,15	0,74	0,91	12,21	11,11	16,51	25,2	126,00
9	Насос (резервный)	22	100	0,7	0,8	0,75	22	16,5	27,5	42	210,00
10	Насос погружной	7,5	100	0,7	0,75	0,88	7,5	6,6	9,99	15,2	76,00
11	Управление шиберами	3	100	0,6	0,63	1,23	3	3,69	4,76	7,2	36,00
12	Шкаф контроллера	1	100	0,6	1	0	1	0	1	4,54	22,70
13	Система вентиляции П1	30	100	0,6	0,85	0,62	30	18,6	35,3	53,68	268,40
14	Отсадочная машина	124,5	100	0,6	0,9	0,48	124,5	59,76	138,1	211	1055,00
15	Насос для откачки шлама (рабочий)	30	100	0,7	0,75	0,88	30	26,4	39,96	60,8	304,00
16	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	18,5	16,28	24,64	37,5	187,50
17	Конвейер ленточный	18,5	100	0,4	0,75	0,88	18,5	16,28	24,64	37,5	187,50
18	Тормоз	0,16	40	0,4	0,69	1,05	0,1	0,11	0,15	0,22	1,10
19	Насос (рабочий)	22	100	0,7	0,8	0,75	22	16,5	27,5	42	210,00
20	Штепсельные розетки	2	100	0,3	0,85	0,62	2	1,24	2,35	10,7	53,50
21	Электрообогреватель	1	100	0,7	1	0	1	0	1	4,54	22,70
22	Электрообогреватель	1	100	0,7	1	0	1	0	1	4,54	22,70
23	Воздушно-отопительный агрегат А1	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
24	Воздушно-отопительный агрегат А2	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
25	Воздушно-отопительный агрегат А3	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
26	Воздушно-отопительный агрегат А4	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
27	Воздушно-отопительный агрегат А8	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
28	Воздушно-отопительный агрегат А7	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
29	Воздушно-отопительный агрегат А6	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
30	Воздушно-отопительный агрегат А5	0,48	100	0,6	0,86	0,59	0,48	0,28	0,56	2,53	12,65
31	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	0,55	100	0,6	0,65	1,17	0,55	0,64	0,84	1,28	6,40
32	Клапан воздушный системы вентиляции В1	0,3	100	0,6	0,69	1,05	0,3	0,32	0,44	0,66	3,30
33	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	0,55	100	0,6	0,65	1,17	0,55	0,64	0,84	1,28	6,40
34	Клапан воздушный системы вентиляции В1	0,3	100	0,6	0,69	1,05	0,3	0,32	0,44	0,66	3,30
35	Фильтровентиляционная установка	1	100	0,7	1	0	1	0	1	4,54	22,70

Расстановка вновь введенного оборудования на плане обогатительной фабрики показана в графической части.

3 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и разработка схемы электроснабжения обогатительной фабрики

В соответствии с [9] произведем все необходимые расчеты для узлов второго уровня и для обогатительной фабрики в целом (таблицы 3.1-3.3).

При расчетах электрических нагрузок используются специальные таблицы [9]. Эта таблица является сводной как при подсчете силовых нагрузок по отдельным узлам сети, так и на шинах ТП. На данном этапе проектирования необходимо определить нагрузку на шинах вводного распределительного устройства РУ-0,4 кВ КТП обогатительной фабрики.

В графу 1 записываем наименование ЭП.

В графу 2 записываем количество ЭП.

В графу 4 записываем номинальную мощность ЭП.

В графу 5 записываем сумму номинальных активных мощностей ЭП

В графе 6 и 7 записываются коэффициенты использования и коэффициенты мощности для ЭП.

В графу 8 и 9 записываются построчно величины $K_{и}P_{н}$ и $K_{и}P_{н} \operatorname{tg} \varphi$. В итоговой строке определяются суммы этих величин

$$K_{и} = \sum K_{и}P_{н} \div \sum P_{н} \quad (3.1)$$

В графу 11 при значительном числе ЭП $n_{э}$ можем определить по упрощенной формуле

$$n_{э} = 2 \sum P_{н} \div p_{н.макс} \quad (3.2)$$

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания ЭП напряжением до 1 кВ графа 13 определяется по формуле

$$P_p = K_{и} \sum K_{и}P_{н} \quad (3.3)$$

Для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанция, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу, предприятию определяем по формуле (графа 14)

$$Q_p = K_p \sum K_{и}P_{н} \operatorname{tg} \varphi = P_p \operatorname{tg} \varphi \quad (3.4)$$

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению

$$I_p = S_p \div \sqrt{3}U_{н} \quad (3.5)$$

где $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$ полная расчетная мощность, кВа (3.6)

Таблица 3.1 – Расчет однофазной электрической нагрузки

№	Наименование узлов питания, групп электроприемников, номинальное напряжение и ПВ,	Исходные данные						Выявил симметрированную нагрузку						Расчетные величины						Ток в фазах, А	Точка в фазах, А											
		Количество присяженных электродвигателей и трансформаторов	Коэффициент реактивной мощности	Коэффициент индуктивности	Номинальная мощность, кВт		Номинальная мощность, кВт		Коэффициент распределения	Номинальная мощность, кВт			Средние нагрузки			Номинальная мощность, кВт	Средние нагрузки															
					P _н	P _т	P _н	P _т		P _н	P _т	P _н	P _т	P _н	P _т		P _н	P _т	P _н			P _т	P _н	P _т								
																									min	max	min	max	min	max	min	max
1	Шкаф контролера	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1		1	1	1	1	0,6	1	0,00	1										1	0	0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	
2	Штепсельные розетки	1	2	2	2	0,3	0,85	0,62	2										2	0	0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4	
3	Электрооборудование и фильтровентиляционная установка	3	1	3	3	0,7	1	0,00											0	0	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3	
4	Воздушно-отопительные агрегаты	8	0,48	3,84	0,6	0,86	0,59	0,96	2,88													0,96	2,88	0	0,6	1,7	0,0	0,3	1,0	0,0	1,8432	
	Итого однофазная нагрузка	13	0	2	9,84				3,96	2,88	3	0	0	0	0				4,0	2,9	3,0	1,8	1,7	2,1	0,7	1,0	0,0	8,3	8,7	9,1	9,8	
	Несимметрия токов фаз -					9,7	%																									
	Трехфазная нагрузка	22	124,5	497,52	0,575	0,64																										
	Всего	35			507,4																											
	Несимметрия токов фаз с учетом трехфазных ЭП -					0,2	%																									

Пояснения:
 - При равномерности загрузки фаз ≤ 15%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП представляется в расчете (форма Ф63б-92) как сумма всех однофазных нагрузок.
 - Данные в этой строке таблицы заносится из итоговой строки расчета симметричных трехфазных силовых ЭП формы Ф63б-92 "Расчет электрических нагрузок".
 - При неравномерности загрузки фаз ≤ 15%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП представляется в расчете (форма Ф63б-92) как сумма всех однофазных нагрузок.

Результаты расчетов эквивалентное трехфазной нагрузки узла ЭП для однофазных нагрузок, включаемых на линейное и фазное напряжения (для переноса результатов в форму Ф63б-92)

Наименование групп электроприемников	Количество присяженных электродвигателей и трансформаторов	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент реактивной мощности	Коэффициент индуктивности	Средние нагрузки			
		P _н	P _т			P _н	P _т		
		min	max			min	max		
Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП для расчетов по форме Ф63б-92	13	0	2	9,8	0,57	0,31	5,60	1,74	9,84
Эффективное число однофазных электроприемников (без 3-х фазных)						По точной формуле		n p ²	
						Если K _г > 0,2 и n P _{max} / P _{min} > 3		m = 4,2	
						иначе по приближенной формуле		n p ² / (3 P _{max})	
								m = 3,3	

Для групп с однофазными и трехфазными электроприемниками эффективное число определяется по точной формуле:

$$N_{\text{эф}} = \frac{\sum P_{н,3\text{ф}} + \sum P_{н,0\text{ф}}^2}{\sum P_{н,3\text{ф}}^2 + \sum P_{н,0\text{ф}}^2}$$

Где P_{н,3ф} – номинальная нагрузка 3-фазного электроприемника;
 P_{н,0ф} – эквивалентная номинальная нагрузка однофазного электроприемника;
 наиболее загруженной фазы.

Таблица 3.2 – Расчет электрической нагрузки по обогатительной фабрике (корпус 2)

Наименование ЭП		Исходные данные						Расчетные величины			Эффективное число ЭП, в.	Коэффициент расчетной нагрузки Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток Iр, А
		по заданию технологов		по справочным данным									Рр, кВт	Qр, кВт	Sp, кВА	
		Количество ЭП	Номинальная (установленная) мощность, кВт	Косφ	tgφ	Кср, кВт	Кср, кВт	Кср, кВт								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Отсадочная машина	1	124,5	124,5	0,6	0,9	0,48	74,7	35,86	15500,25						
2	Система вентиляции	1	8,54	8,54	0,6	0,83	0,67	5,12	3,43	72,93						
3	Насос для откачки шлама (рабочий)	1	30	30	0,7	0,75	0,88	21	18,48	900,00						
4	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
5	Тормоз	1	0,16	0,16	0,4	0,69	1,05	0,06	0,06	0,03						
6	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
7	Тормоз	1	0,16	0,16	0,4	0,69	1,05	0,06	0,06	0,03						
8	Кран мостовой электрический однобалочный подвесной	1	19,3	19,3	0,15	0,74	0,91	2,9	2,64	372,49						
9	Насос (резервный)	1	22	22	0,7	0,8	0,75	15,4	11,55	484,00						
10	Насос погружной	1	7,5	7,5	0,7	0,75	0,88	5,25	4,62	56,25						
11	Управление шиберами	1	3	3	0,6	0,63	1,23	1,8	2,21	9,00						
13	Система вентиляции ПИ	1	30	30	0,6	0,85	0,62	18	11,16	900,00						
14	Отсадочная машина	1	124,5	124,5	0,6	0,9	0,48	74,7	35,86	15500,25						
15	Насос для откачки шлама (рабочий)	1	30	30	0,7	0,75	0,88	21	18,48	900,00						
16	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
17	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
18	Тормоз	1	0,16	0,16	0,4	0,69	1,05	0,06	0,06	0,03						
19	Насос (рабочий)	1	22	22	0,7	0,8	0,75	15,4	11,55	484,00						
31	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	1	0,55	0,55	0,6	0,65	1,17	0,33	0,39	0,30						
32	Клапан воздушный системы вентиляции В1	1	0,3	0,3	0,6	0,69	1,05	0,18	0,19	0,09						
33	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	1	0,55	0,55	0,6	0,65	1,17	0,33	0,39	0,30						
34	Клапан воздушный системы вентиляции В1	1	0,3	0,3	0,6	0,69	1,05	0,18	0,19	0,09						
	Трехфазная нагрузка	22		497,52	0,575	0,84	0,64	286,07	183,22	36549,03	7	0,92	263,18	168,44	312,47	474,75
	Однофазная нагрузка	13		9,84	0,57	0,96	0,31	5,60	1,74	9,84	10					
	ИТОГО СИЛОВАЯ НАГРУЗКА	35		507,36	0,57	0,84	0,64	289,20	184,96	36558,88	7	0,92	266,06	170,28	315,88	479,93

Применяем распределение электроэнергии по обогатительной фабрике с помощью распределительных силовых пунктов, шинопроводы в данной среде и с учетом особенностей конфигурации сооружений и помещений прокладывать нецелесообразно. В графической части ВКР представлено данное распределение (с указанием силовых сборок, ЭП, трасс кабельных линий).

Электроприемники объединяем в силовые сборки второго уровня (си-

ловые щиты 1Щ, 2Щ, ЩВ). Распределение электроэнергии по обогатительной фабрике (корпус 2) представлено в графической части.

Таблица 3.3 – Расчет нагрузок по силовым сборкам второго уровня (силовые щиты 1Щ, 2Щ, ЩВ)

Исходные данные																
по заданию технологов																
Наименование ЭП	Количество ЭП	Номинальная, (установленная) мощность, кВт		по справочным данным			Расчетные величины			Эффективное число ЭП, в.	Коэффициент расчетной нагрузки Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток Iр, А	
		Одного ЭП P _н	Общая P _г =nр _н	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	K _п , кВт	K _п , tgφ, кВар	п ² _н			P _р , кВт	Q _р , кВар	S _р , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1Щ																
1	Отсадочная машина	1	124,5	124,5	0,6	0,9	0,48	74,7	35,86	15500,25						
2	Система вентиляции	1	8,54	8,54	0,6	0,83	0,67	5,12	3,43	72,93						
3	Насос для откачки шлама (рабочий)	1	30	30	0,7	0,75	0,88	21	18,48	900,00						
4	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
5	Тормоз	1	0,16	0,16	0,4	0,69	1,05	0,06	0,06	0,03						
6	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
7	Тормоз	1	0,16	0,16	0,4	0,69	1,05	0,06	0,06	0,03						
8	Кран мостовой электрический однобалочный подвесной	1	19,3	19,3	0,15	0,74	0,91	2,9	2,64	372,49						
9	Насос (резервный)	1	22	22	0,7	0,8	0,75	15,4	11,55	484,00						
10	Насос погружной	1	7,5	7,5	0,7	0,75	0,88	5,25	4,62	56,25						
11	Управление шиберами	1	3	3	0,6	0,63	1,23	1,8	2,21	9,00						
12	Шкаф контроллера	1	1	1	0,6	1	0	0,6	0	1,00						
13	Система вентиляции П1	1	30	30	0,6	0,85	0,62	18	11,16	900,00						
	ИТОГО	13		283,16	0,56	0,84	0,65	159,69	103,09	18980,47	4	1,1	175,66	125,6	215,94	328,09
2Щ																
14	Отсадочная машина	1	124,5	124,5	0,6	0,9	0,48	74,7	35,86	15500,25						
15	Насос для откачки шлама (рабочий)	1	30	30	0,7	0,75	0,88	21	18,48	900,00						
16	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
17	Конвейер ленточный	1	18,5	18,5	0,4	0,75	0,88	7,4	6,51	342,25						
18	Тормоз	1	0,16	0,16	0,4	0,69	1,05	0,06	0,06	0,03						
19	Насос (рабочий)	1	22	22	0,7	0,8	0,75	15,4	11,55	484,00						
20	Штепсельные розетки	1	2	2	0,3	0,85	0,62	0,6	0,37	4,00						
	ИТОГО	7		215,66	0,59	0,85	0,63	126,56	79,34	17572,78	3	1,26	159,47	110,51	194,02	294,78
ЩВ																
21	Электрообогреватель	1	1	1	0,7	1	0	0,7	0	1,00						
22	Электрообогреватель	1	1	1	0,7	1	0	0,7	0	1,00						
23	Воздушно-отопительный агрегат А1	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
24	Воздушно-отопительный агрегат А2	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
25	Воздушно-отопительный агрегат А3	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
26	Воздушно-отопительный агрегат А4	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
27	Воздушно-отопительный агрегат А8	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
28	Воздушно-отопительный агрегат А7	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
29	Воздушно-отопительный агрегат А6	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
30	Воздушно-отопительный агрегат А5	1	0,48	0,48	0,6	0,86	0,59	0,29	0,17	0,23						
31	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	1	0,55	0,55	0,6	0,65	1,17	0,33	0,39	0,30						
32	Клапан воздушный системы вентиляции В1	1	0,3	0,3	0,6	0,69	1,05	0,18	0,19	0,09						
33	Вытяжной вентилятор системы вентиляции В1	1	0,55	0,55	0,6	0,65	1,17	0,33	0,39	0,30						
34	Клапан воздушный системы вентиляции В1	1	0,3	0,3	0,6	0,69	1,05	0,18	0,19	0,09						
35	Фильтровентиляционная установка	1	1	1	0,7	1	0	0,7	0	1,00						
	ИТОГО	15		8,54	0,64	0,91	0,46	5,44	2,52	5,63	13	1	5,44	2,5	5,99	9,1

4 Расчет освещения

4.1 Светотехнический расчет освещения

Светотехнический расчет системы освещения здания второго корпуса обогатительной фабрики произведем методом коэффициента использования светового потока [3, 6, 23].

Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (4.1)$$

где E_{\min} – минимальная нормированная освещенность, Лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4.2)$$

где A , B , h – длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Ввиду отсутствия помещений, к которым применяются особые требования по освещению, эвакуационное освещение выполняется с использованием табло «Выход». Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 52.13330.2016 [15], с учетом ГОСТ Р 55710-2013.

Предлагаются к установке в помещениях второго корпуса обогатительной фабрики светодиодные светильники следующих типов [21]:

L-industry NEW 12, мощностью 13 Вт, 1437 лм;

L-industry NEW 24, мощностью 27 Вт, 3051 лм;

L-industry NEW 48Т, мощностью 54 Вт, 6084 лм;

L-Street24 standart, мощностью 38 Вт, 3104 лм;

L-office 55 standart, мощностью 50 Вт, 5605 лм;

Sveteco 8 мощностью 10 Вт, 1112 лм.

Произведем светотехнический расчет системы рабочего освещения, который сведем в таблицу 4.1. Размещение выбранных светильников показано на плане фабрики в графической части. Из числа светильников рабочего освещения в отдельные линии выделены те же светильники аварийного освещения, которые дополнительно оснащены блоками питания [21].

Таблица 4.1 – Расчет количества светильников в помещениях здания обогатительной фабрики

№ помещ	Наименование	Ен, лк	А, м	В, м	h, м	i, о.е.	F, м2	Кзап	Z	η, о.е.	Φ, Лм	Марка светильника	Рсв, Вт	Нсв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14
1	Производственное помещение, отм. 0,000	200	17,8	13,8	2,80	2,78	245,64	1,5	1	0,78	3051	L-industry NEW 24	27	12
2	Венткамера и тепловой узел	100	8	3	2,80	0,78	24	1,5	1	0,38	1437	L-industry NEW 12	13	6
3	Эстакада конвейера поз.204	20	14,55	5,5	2,50	1,60	80,025	1,5	1	0,60	3104	L-Street24 standart	38	2
4	Эстакада конвейера поз.205	20	10,9	5,5	2,50	1,46	59,95	1,5	1	0,55	3104	L-Street24 standart	38	2
5	Производственное помещение, отм. +2,900	200	17,8	13,8	2,80	2,78	245,64	1,5	1	0,78	6084	L-industry NEW 48T	54	12
6	Электрощитовая	200	8	3	2,80	0,78	24	1,5	1	0,38	3051	L-industry NEW 24	27	6
7	Эстакада конвейера поз.10	20	33,6	3,6	2,50	1,30	120,96	1,5	1	0,42	3104	L-Street24 standart	38	5
8	Эстакада конвейера поз.15	20	35,4	3,6	2,50	1,31	127,44	1,5	1	0,42	3104	L-Street24 standart	38	5
9	Эстакада конвейера поз.206	20	13,46	5	2,50	1,46	67,3	1,5	1	0,55	3104	L-Street24 standart	38	2
10	Производственное помещение, отм. +6,100	200	17,8	13,8	2,80	2,78	245,64	1,5	1	0,78	6084	L-industry NEW 48T	54	15
11	Помещение аппаратчика	300	8	3	2,80	0,78	24	1,25	1	0,38	5605	L-office 55 standart	50	4
12	Теплый переход	50	17,6	3	2,80	0,92	52,8	1,25	1	0,46	3051	L-industry NEW 24	27	4

4.2 Электротехнический расчет освещения

Электротехнический расчет системы освещения обогатительной фабрики необходим для выбора осветительных щитков, питающих кабелей (вводных и групповых). Выделяем 12 групп светильников в соответствии с количеством помещений.

Потери напряжения на участке:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S}, \quad (4.3)$$

где M – момент наружки;

K_c – коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника, для трехфазной сети с медными проводами $K_c = 72$, а для однофазной сети с медными проводами $K_c = 12$ [10];

S – сечение проводника.

Расчет освещения в линии от КТП до ЩО.

Момент нагрузки:

$$M = L \cdot P_{р.о} \quad (4.4)$$

где L – расстояния от ЩО до КТП;

$P_{р.о.}$ – расчетная нагрузка освещения (см. п.4.3).

$$M = 20 \cdot 1,914 = 38,28 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО:

$$\Delta U = \frac{38,28}{72 \cdot 1,5} = 0,35\% .$$

Расчетный ток ЩО составит:

$$I_{р.ЩО} = \frac{P_{осв.ЩО}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,95} = \frac{1,914 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 2,91 \text{ А}.$$

Выбираем кабель типа ВВГнг(А)LS 3x1,5 с сечением основной жилы $s = 1,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 18 А для питания ЩО.

Максимальный момент нагрузки для одной фазы находится по формуле:

$$M_p = P_{св} \cdot N_{св.р} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right), \quad (4.5)$$

где $N_{св,р}$ - число светильников в одном ряду;

$P_{св}$ - мощность одного светильника;

L_1 - длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника; L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

В таблице 4.2 представлен расчет моментов и распределение групп освещения по фазам. В графической части представлена схема с разводкой осветительной сети.

Таблица 4.2 – Расчет моментов нагрузки для групповых линий ЩО

Линия	L0, м	L1, м	N, шт	P _{св} , кВт	M, кВт*м	K _с	S, мм ²	dU, %	P _{гр} , кВт	I _{гр} , А	MA, кВт.м	MB, кВт.м	MC, кВт.м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
гр. Осв.1	12	60	12	0,027	13,61	12	1,5	0,76	0,324	1,55	13,61		
гр. Осв.2	14	70	6	0,013	3,82	12	1,5	0,21	0,078	0,37		3,82	
гр. Осв.3	15	75	2	0,038	3,99	12	1,5	0,22	0,076	0,36	3,99		
гр. Осв.4	22	110	2	0,038	5,85	12	1,5	0,33	0,076	0,36	5,85		
гр. Осв.5	17	85	12	0,054	38,56	12	1,5	2,14	0,648	3,10		38,56	
гр. Осв.6	13	65	6	0,027	7,37	12	1,5	0,41	0,162	0,78		7,37	
гр. Осв.7	15	75	5	0,038	9,98	12	1,5	0,55	0,19	0,91	9,98		
гр. Осв.8	16	80	5	0,038	10,64	12	1,5	0,59	0,19	0,91	10,64		
гр. Осв.9	23	115	2	0,038	6,12	12	1,5	0,34	0,076	0,36		6,12	
гр. Осв.10	18	90	15	0,054	51,03	12	1,5	2,84	0,81	3,88			51,03
гр. Осв.11	14	70	4	0,05	9,80	12	1,5	0,54	0,2	0,96	9,80		
гр. Осв.12	16	80	4	0,027	6,05	12	1,5	0,34	0,108	0,52			6,05
										ИТОГО	53,87	55,87	57,08

Выбираем кабели типа ВВГнг(A)LS 3x1,5 с сечением основной жилы $s = 1,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 18 А для питания каждой группы освещения.

Выбор сечения кабельной линии, питающей ЩО, сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Выбор сечений кабельных линий, питающих ЩО

№	P _{осв} , кВт	I _р , А	Марка кабеля	I _{доп} , А
1	2	3	4	5
ЩО	1,914	2,91	ВВГнг(A)LS 3x1,5	18

Щиток освещения выбираем, исходя из количества присоединений и рабочего тока (таблица 4.4) [26].

Таблица 4.4 – Выбор щитка освещения

Наименование	Расчетный ток, А	Тип ЩО	Допустимый ток, А	Количество присоединений ЩО
1	2	3	4	5
ЩО	2,91	Prizma G	10	12

По аналогии в качестве ЩОА выбираем идентичный тип щитка, как и для ЩО.

Электроосвещение предусматривается трех видов: рабочее; аварийное (резервное и эвакуационное); ремонтное.

Общее освещение выполнено светодиодными светильниками. Све-

тильники рабочего освещения получают питание от щита рабочего ЩО.

Светильники аварийного освещения комплектуются блоками аварийного питания и получают питание от щита аварийного освещения ЩАО.

Ремонтное освещение предусмотрено в производственном помещении, в венткамере и тепловом узле, в электрощитовой от ящиков с понижающим трансформатором ЯТП-0,25-220/36 В. Питание понижающих трансформаторов выполняется от щита освещения ЩО.

Осветительная арматура выбрана в соответствии с назначением помещений и характером окружающей среды по СП52.13330.2016 [15], со степенью защиты IP43 - IP65.

Управление освещением осуществляется выключателями непосредственно из обслуживаемых помещений и из смежных помещений с нормальной средой. Управление освещением конвейерных эстакад осуществляется с постов управления, установленных в помещении аппаратчика. Выключатели и пост управления установить согласно плану, высота установки 0,8-1,5 м от пола.

Групповая сеть рабочего освещения внутри корпуса обогащения и перехода запроектирована кабелем ВВГнг(А)-LS, аварийного - ВВГнг(А)-LS.

Групповая сеть рабочего освещения на эстакадах выполнена кабелем марки ВБШвнг(А)-LS.

В соответствии с рабочими токами групп присоединений для защиты отходящих линий щитов освещения используются автоматы типа Acti 9iC60H на ток 10 А (ток уставки теплового расцепителя 2 А), вводные автоматы – тип Acti 9iC60H на ток 16 А (ток уставки теплового расцепителя 4 А).

Кабели проложить в перфорированных лотках с крышкой с креплением к конструкциям фахверка корпуса обогащения, открыто в стальных трубах по строительным конструкциям корпуса обогащения и перехода, открыто в ПВХ трубах по строительным конструкциям, в лестничных лотках по конструкциям конвейерных эстакад, расположенных вблизи корпуса обогащения.

Проектом предусматривается использование кабелей с изолированными жилами определенного цвета, согласно требованиям ГОСТ Р 50462-92 по идентификации проводников по цветам.

Во всех помещениях необходимо присоединить открытые проводящие части светильников общего освещения и стационарного электрооборудования к нулевому защитному проводнику.

Схемы с разводкой осветительной сети по различным отметкам корпуса 2 обогатительной фабрики представлена в графической части.

4.3 Мощность осветительной нагрузки

Мощность освещения (таблица 2.5):

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (4.6)$$

где активная мощность:

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (4.7)$$

где N – количество ламп; $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность светильника, кВт;
 K_c – коэффициент спроса, принимается 0,85 – для производственных зданий, состоящий из отдельных помещений [3]; $K_{\text{пра}}$ – коэффициент пуско-регулирующей аппаратуры, для светодиодных ламп $K_{\text{пра(СЛ)}} = 1,0$;
 реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.8)$$

где коэффициент мощности: для светодиодных ламп $\cos \varphi_{\text{СЛ}} = 0,95$.

В таблицу 4.5 для вычисления мощности подставляем количество светильников из таблицы 4.1.

Таблица 4.5 – Расчет мощности осветительной нагрузки

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{\text{ном}}$, кВт	K_c	$K_{\text{пра}}$	$P_{\text{осв}}$, кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_{\text{осв}}$, кВт	$S_{\text{осв}}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Производственное помещение, отм. 0,000	12	0,03	0,85	1	0,306	0,95	0,33	0,101	0,32
2	Венткамера и тепловой узел	6	0,03	0,85	1	0,153	0,95	0,33	0,05	0,16
3	Эстакада конвейера поз.204	2	0,03	0,85	1	0,051	0,95	0,33	0,017	0,05
4	Эстакада конвейера поз.205	2	0,03	0,85	1	0,051	0,95	0,33	0,017	0,05
5	Производственное помещение, отм. +2,900	12	0,03	0,85	1	0,306	0,95	0,33	0,101	0,32
6	Электрощитовая	6	0,03	0,85	1	0,153	0,95	0,33	0,05	0,16
7	Эстакада конвейера поз.10	5	0,03	0,85	1	0,128	0,95	0,33	0,042	0,13
8	Эстакада конвейера поз.15	5	0,03	0,85	1	0,128	0,95	0,33	0,042	0,13
9	Эстакада конвейера поз.206	2	0,03	0,85	1	0,051	0,95	0,33	0,017	0,05
10	Производственное помещение, отм. +6,100	15	0,03	0,85	1	0,383	0,95	0,33	0,126	0,4
11	Помещение аппаратчика	4	0,03	0,85	1	0,102	0,95	0,33	0,034	0,11
12	Теплый переход	4	0,03	0,85	1	0,102	0,95	0,33	0,034	0,11
ИТОГО						1,914			0,631	2,02

5 Выбор мощностей и количества трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

Мощность III уровня системы электроснабжения корпуса обогащения без учета мощности компенсирующих устройств определится как:

$$P_{III} = P_{сил} + P_{осв} + \Delta P, \quad (5.1)$$

$$Q_{III} = Q_{сил} + Q_{осв}, \quad (5.2)$$

$$S_{III} = \sqrt{P_{III}^2 + Q_{III}^2}, \quad (5.3)$$

где $P_{сил}, P_{осв}, Q_{сил}, Q_{осв}$ – активные и реактивные расчетные мощности соответственно силовой и осветительной нагрузок;

$\Delta P = 0,034(P_{сил} + P_{осв})$ – ориентировочные потери активной мощности в сети 0,4 кВ [4].

По формулам (5.1) – (5.3) находим:

$$\Delta P = 0,034(266,06 + 1,914) = 9,11 \text{ кВт.}$$

$$P_{III} = 266,06 + 1,914 + 9,11 = 277,08 \text{ кВт.}$$

$$Q_{III} = 170,28 + 0,631 = 170,911 \text{ кВар.}$$

Если известна расчетная мощность объекта и коэффициент допустимой перегрузки трансформатора, то можно определить расчетную номинальную мощность трансформатора по формуле (5.4):

$$S_{Н.Т.} = \frac{P_P + P_{глав.корп}}{\beta_{т.д}}, \quad (5.4)$$

где $P_P, P_{глав.корп}$ – расчетная нагрузка корпуса обогащения, с учетом нагрузки главного корпуса.

$\beta_{т.д}$ – коэффициент допустимой перегрузки трансформаторов, который зависит от категории надёжности объекта проектирования и числа трансформаторов на подстанции, в соответствии с вышеприведенными рекомендациями составляет 1,4.

Тогда по формуле (5.4) находим:

$$S_{Н.Т.} = \frac{277,08 + 400}{1,4} = 483,63 \text{ кВА.}$$

Предварительно по расчетной нагрузке выбираем 2КТПН(БК)-630/6/0,4 (комплектная трансформаторная подстанция, с установкой двух трансформаторов типа ТСЛ - 630 кВА; первичное напряжение 6 кВ, вторичное 0,4 кВ

Каталожные данные трансформаторов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Каталожные данные трансформаторов КТП

$S_{\text{НОМ.Т.}}$, кВА	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	U_k , %	I_x , %
630	1,56	7,6	5,5	2,0

Наибольшая реактивная мощность Q_1 , которая может быть передана в сеть напряжением до 1 кВ из сети 6 кВ без увеличения числа трансформаторов [1] определяется как

$$Q_1 = \sqrt{(1,1 \cdot N \cdot \beta_m \cdot S_{\text{н.тр.}})^2 - P_p^2} \quad (5.5)$$

$$Q_1 = \sqrt{(1,1 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 677,08^2} = 694,87 \text{ кВАр.}$$

Определяем мощность КУ на напряжение 0,4 кВ (таблица 5.2):

$$Q_{\text{КУ}} = Q_p - Q_1 = 430,91 - 694,87 = -263,96 \text{ кВАр.}$$

Исходя из этих соображений, поскольку мощность компенсирующих устройств получилась меньше нуля, то установка КУ не требуется.

Результаты расчета мощностей III уровня электроснабжения, который был произведен без учета компенсации реактивной мощности, сведем в таблицу 5.2. При этом потери мощности в трансформаторах двухтрансформаторной КТП определялись по выражениям:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} + \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{n} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2, \quad (5.6)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \cdot \frac{I_{\text{хх}} \cdot S_{\text{НОМ}}}{100} + \frac{u_{\text{кз}} \cdot S_p^2}{n \cdot 100 \cdot S_{\text{НОМ}}}, \quad (5.7)$$

где n – количество трансформаторов;

$\Delta P_{\text{хх}}$ – потери холостого хода, (кВт);

$\Delta P_{\text{кз}}$ – потери короткого замыкания, (кВт);

$I_{\text{хх}}$ – ток холостого хода, %;

$u_{\text{кз}}$ – напряжение короткого замыкания, %.

Таблица 5.2 – Расчет коэффициента реактивной мощности на стороне 6 кВ

Наименование	Коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi$	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформ. шт., кВА
		кВт	кВАр	кВА	
		P_p	Q_p	S_p	
1	2	3	4	5	6
Силовая нагрузка 0,4 кВ корпуса 2	0,64	266,06	170,28	315,88	
Осветительная нагрузка корпуса 2	0,33	1,914	0,631	2,02	
Итого на стороне 0,4 кВ без учета потерь в сети 0,4 кВ корпуса 2	0,64	267,97	170,91	317,83	
Потери в сети 0,4 кВ корпуса 2		9,11			
Нагрузка главного корпуса	0,65	400	260	477,07	
Итого на стороне 0,4 кВ с учетом потерь в сети 0,4 кВ	0,64	677,08	430,91	802,57	2*ТМЗ-630/6
Мощность КУ в сети 0,4 кВ			0		
Итого на стороне 0,4 кВ с учетом КУ	0,64	677,08	430,91	802,57	
Потери в трансформаторах		9,29	53,32		
Итого на стороне ВН 6 кВ	0,71	686,37	484,23	839,99	

Экономическое значение коэффициента реактивной мощности в часы максимума нагрузки при напряжении 6-20 кВ составляет 0,4 (Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 23 июня 2015 г. N 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии»).

В нашем случае коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi = 0,71$ (таблица 5.2), поэтому для обеспечения надлежащего качества электроэнергии выбираем следующие две конденсаторные установки для подключения на каждую секцию 0,4 кВ КТП:

КРМФ-0,4-150-25, номинальная мощность 150 кВар.

Необходимо на каждой КУ включить по 6 секций (по 25 кВар) в работу, тогда фактическая мощность КУ:

$$Q_{\text{КУС}} = 2 \cdot (6 \cdot 25) = 300 \text{ кВар.}$$

Эта мощность записывается в соответствующую строку таблицы 5.3 со знаком минус.

$$I_{\text{КУ}} = \frac{S_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 227,9 \text{ А.}$$

Выбираем для конденсаторной установки автоматический выключатель NSX630H Micrologic 630 А 3Р с номинальным током $I_{НОМ} = 630$ А, и током расцепителя на $250 \text{ А} > 227,9 \text{ А}$.

Нагрузка на IV уровне электроснабжения может быть определена с учетом потерь в обоих трансформаторах и компенсации реактивной мощности, входящих в состав КТП, поэтому в соответствии с таблицей 5.3 получим:

$$P_{IV} = P_{III} + \Delta P_T; \quad (5.8)$$

$$Q_{IV} = Q_{III} + \Delta Q_T; \quad (5.9)$$

$$S_{IV} = \sqrt{P_{IV}^2 + Q_{IV}^2}. \quad (5.10)$$

$$P_{IV} = 677,08 + 7,68 = 684,76 \text{ кВт};$$

$$Q_{IV} = 130,91 + 45,96 = 176,87 \text{ кВар};$$

$$S_{IV} = \sqrt{684,76^2 + 176,87^2} = 707,23 \text{ кВА}.$$

Результирующие нагрузки трансформаторной подстанции рекомендуются заносить в формуляр Ф202-90 [6], который составляется с учетом полученных результатов расчетов (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Результирующие нагрузки трансформаторной подстанции с учетом компенсации реактивной мощности

Наименование	Коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi$	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформ. шт., кВА
		кВт	кВАр	кВА	
		P_p	Q_p	S_p	
1	2	3	4	5	6
Силовая нагрузка 0,4 кВ корпуса 2	0,64	266,06	170,28	315,88	
Осветительная нагрузка корпуса 2	0,33	1,914	0,631	2,02	
Итого на стороне 0,4 кВ без учета потерь в сети 0,4 кВ корпуса 2	0,64	267,97	170,91	317,83	
Потери в сети 0,4 кВ корпуса 2		9,11			
Нагрузка главного корпуса	0,65	400	260	477,07	
Итого на стороне 0,4 кВ с учетом потерь в сети 0,4 кВ	0,64	677,08	430,91	802,57	2*ТСЛ-630/6
Мощность КУ в сети 0,4 кВ с учетом выполнения предельного $\text{tg}\varphi$			-300		КРМФ-0,4-150-25
Итого на стороне 0,4 кВ с учетом КУ	0,19	677,08	130,91	689,62	
Потери в трансформаторах	$K_z=0,55;$ $K_{пер}=1,1$	7,68	45,96		
Итого на стороне ВН 6 кВ с учетом выполнения предельного $\text{tg}\varphi$	0,26	684,76	176,87	707,23	

Коэффициент загрузки и коэффициент перегрузки соответственно:

$$K_{з.Т} = \frac{S_{цеха}}{2S_{Н.Т}},$$

$$K_{з.Т} = \frac{689,62}{2 \cdot 630} = 0,55 < 0,7;$$

$$K_{пер} = \frac{689,62}{630} = 1,1 < 1,4.$$

Исходя из таблицы 5.3 коэффициенты загрузки и перегрузки трансформаторов меньше предельных значений, а также предельное значение коэффициента реактивной мощности на стороне 6 кВ обеспечивается:

$$\operatorname{tg}\varphi = 0,26 < \operatorname{tg}\varphi_{пред} = 0,4.$$

План 2КТПН(БК)-630/6/0,4 с сухими трансформаторами ТСЛ-630 кВА и компенсирующими устройствами показан на рисунке 5.1.

Нагрузка на IV уровне электроснабжения может быть определена с учетом потерь в обоих трансформаторах и компенсации реактивной мощности, входящих в состав КТП.

Выбираем для конденсаторной установки автоматический выключатель NSX630H Micrologic 630 А 3Р с номинальным током $I_{ном} = 630$ А, и током расцепителя на 250 А $> 227,9$ А.

Результирующие нагрузки трансформаторной подстанции рекомендуется заносить в формуляр Ф202-90 [6], который составляется с учетом полученных результатов расчетов.

Расчет потери напряжения и потерь мощности в питающей линии 6 кВ.

Расчетный ток линии А 3х95 напряжением 6 кВ (существующая ВЛ-6кВ №104 от РП-7 яч. 421) в нормальном режиме работы:

$$I_p = \frac{S_{IV}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{707,23}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 20,42 \text{ А} < I_{доп.А} = 180 \text{ А}.$$

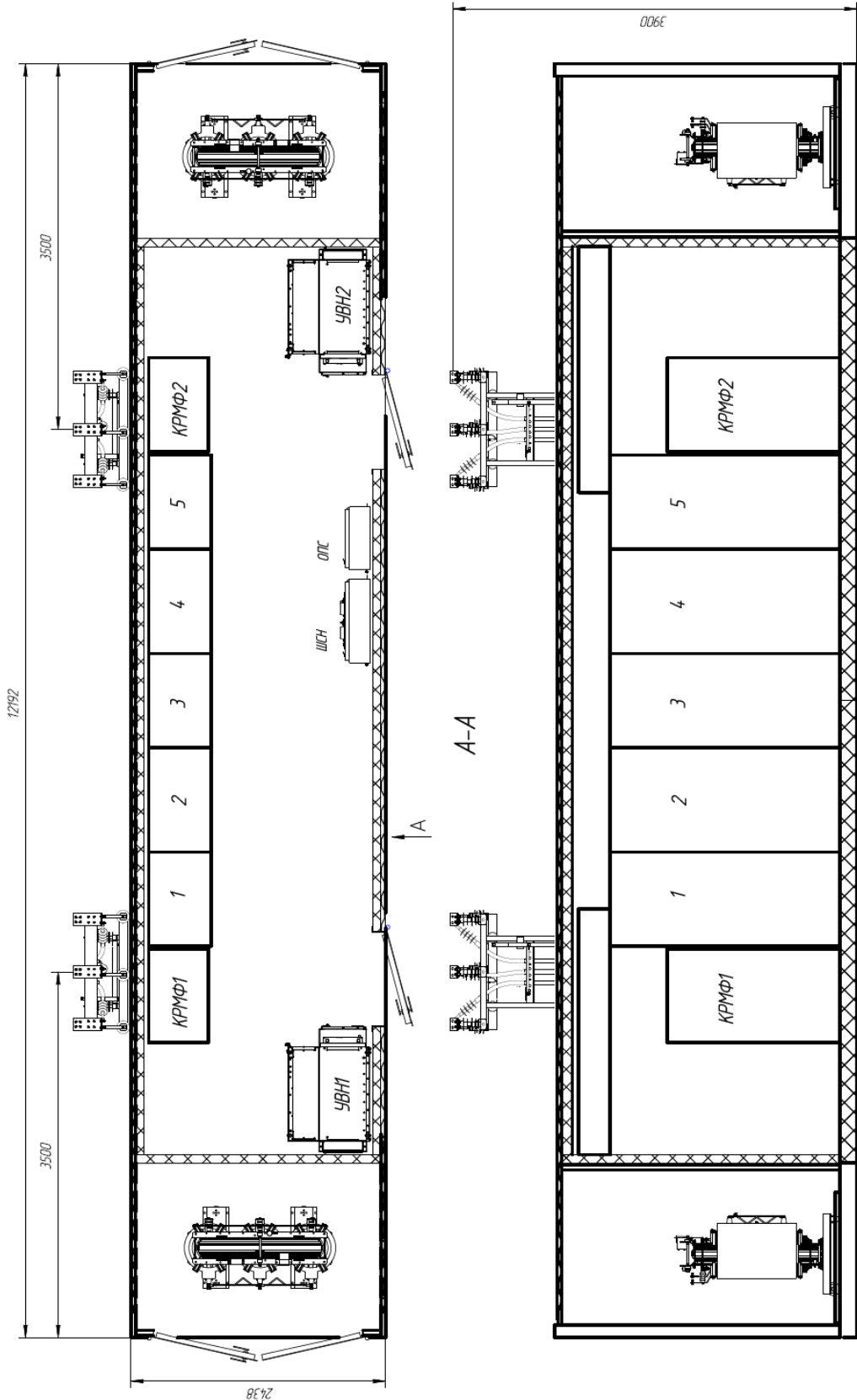


Рисунок 5.1 – План 2КТПН(БК)-630/6/0,4 с сухими трансформаторами
ТСЛ-630 кВА и компенсирующими устройствами

Ток в послеаварийном режиме:

$$I_{\text{пав}} = 2 \cdot 20,42 = 40,84 \text{ А,}$$

следовательно, существующее сечение проходит по допустимому току нагрева в рабочих режимах:

$$I_{\text{пав}} = 40,84 \text{ А} < I_{\text{доп.А}} = 180 \text{ А.}$$

Потери мощности в ЛЭП определяются по формуле:

$$\Delta P_{\text{ЛЭП}} = \frac{S_{\text{IV}}^2}{U^2} \cdot \frac{r_{\text{уд}} \cdot \ell}{n} \cdot 10^{-3}, \quad (5.11)$$

$$\Delta Q_{\text{ЛЭП}} = \frac{S_{\text{IV}}^2}{U^2} \cdot \frac{x_{\text{уд}} \cdot \ell}{n} \cdot 10^{-3}, \quad (5.12)$$

где $r_{\text{уд}}$ – активное сопротивление 1 км линии, Ом/км [12];

$x_{\text{уд}}$ – реактивное сопротивление 1 км линии, Ом/км [12];

ℓ – длина линии, км;

n – количество параллельно подключенных линий (цепей).

$$\Delta P_{\text{ЛЭП}} = \frac{707,23^2}{6^2} \cdot \frac{0,62 \cdot 1,4}{2} \cdot 10^{-3} = 6,03 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{ЛЭП}} = \frac{707,23^2}{6^2} \cdot \frac{0,09 \cdot 1,4}{2} \cdot 10^{-3} = 0,88 \text{ кВар.}$$

$$\Delta S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{6,03^2 + 0,88^2} = 6,09 \text{ кВА.}$$

Потери напряжения в линии:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot \ell \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{\text{ном}}}. \quad (5.13)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 20,42 \cdot 1,4 \cdot (0,62 \cdot 0,97 + 0,09 \cdot 0,24) \cdot 100\%}{6000} = 0,51\%.$$

6 Выбор силовых сборок второго уровня и конструктивного исполнения сети

Электроприемники реконструируемой схемы электроснабжения обогатительной фабрики запитываются от двухтрансформаторной подстанции в блочно-модульном здании 2КТПН(БК)-630/6/0,4 с сухими трансформаторами ТСЛ-630 кВА.

От РУ-0,4 кВ запитываются щит 1Щ, питающий электроприемники проектируемого корпуса обогащения; щит ЩРП, питающий электроприемники погрузки промпродукта, располагаемый в существующем помещении ПСУ 2; щит управления центрифугой 02 - Н900-75S, располагаемый в существующем главном корпусе.

Силовые пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта. Условие выбора СП:

$$I_{\text{расч СП}} \leq I_{\text{ном СП}}, \quad (6.1)$$

Таблица 6.1 – Выбор силовых пунктов

Наименование	Расчетный ток, А	Тип ЩР	Допустимый ток, А	Количество присоединений ЩР	Фактическое количество присоединений
1	2	3	4	5	6
1Щ	328,09	Напольный шкаф SF с монтажной платой Schneider Electric	400	16	13
2Щ	294,78	Напольный шкаф SF с монтажной платой Schneider Electric	400	16	7
ЩВ	9,1	Напольный шкаф SFx с монтажной платой Schneider Electric	16	24	15

Распределительная сеть 0,4 кВ по обогатительной фабрике выполняются кабелем марки ВВГнг(А)-LS (рисунок 6.1) по проектируемой эстакаде и по существующей эстакаде, кабелем ВБбШВнг(А)-LS (рисунок 6.2) в земляной траншее в ПНД-трубе на глубине 1 м [12].

Кабели в траншее проложить согласно материалам на проектирование А11-2011 "Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях с применением двустенных гофрированных труб". Сечение кабелей и проводов выбрано по допустимому длительному току, проверено на допустимую потерю напряжения.



- * - отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила - медная
- В - изоляция из ПВХ пластиката
- В - оболочка из поливинилхлоридного пластиката
- Г - отсутствие защитного покрова
- нг - не распространяет горение при групповой прокладке
- (А) - класс пожарной безопасности категория А
- LS - с пониженным дымо- и газовыделением (low smoke)

Рисунок 6.1 – Кабель ВВГнг(А)-LS (силовой кабель, с медной жилой, изоляцией и оболочкой из ПВХ пониженной пожарной опасности)



- * - отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила - медная
- В - изоляция из ПВХ пластиката
- Б - броня из стальных оцинкованных лент
- б - без подушки под броней;
- Шв - выпрессованный ПВХ защитный шланг
- нг - не распространяет горение при групповой прокладке
- (А) - класс пожарной безопасности категория А
- LS - с пониженным дымо- и газовыделением (low smoke)

Рисунок 6.2 – Кабель ВВБШВнг(А)-LS (силовой бронированный лентами кабель, с медной жилой, изоляцией и защитным шлангом из ПВХ пониженной пожарной опасности)

7 Расчет защитных аппаратов

Выбор защитных аппаратов ведем по методике [13], согласно которой необходимо предусмотреть 25% запас относительно расчетного отдельного тока электроприемника (электродвигателя), в противном случае коэффициент принимается равным 1,0. Для групповых линий предусматривается 10% запас по току расцепителя.

Условия выбора запишем следующим образом:

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (7.1)$$

$$I_{\text{расц}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (7.2)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (7.3)$$

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (7.4)$$

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{расц}}, \quad (7.5)$$

Результаты выбора автоматов представлены в таблицах 7.1-7.3 (как для отдельных приемников, так и для силовых сборок второго уровня, и КТП).

Таблица 7.1 – Выбор автоматов для ЩР, ЩВ

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{\text{ном.а}}$, А	Номинальный ток расцепителя $I_{\text{расц}}$, А	Пиковый ток $I_{\text{пик}}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{\text{пик}}$, А	K_o	$I_{\text{ном.то}}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1Щ	328,09	360,9	400	400	1640,45	1968,54	5	2000	NSX400H Micrologic 400 А 3P	25
2Щ	294,78	324,26	400	400	1473,9	1768,68	5	2000	NSX400H Micrologic 400 А 3P	25
ЩВ	9,1	10,01	25	16	45,5	54,6	7	112	NG125LMA Micrologic 25 А 3P	10

Таблица 7.2 – Выбор автоматов на КТП

Наименование автомата на НН КТП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{\text{ном.а}}$, А	Номинальный ток расцепителя $I_{\text{расц}}$, А	Пиковый ток $I_{\text{пик}}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{\text{пик}}$, А	K_o	$I_{\text{ном.то}}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вводной	482,91	507,06	630	630	2414,55	2897,46	7	4410	NSX630H Micrologic 630 А 3P	35
Секционный	241,46	253,53	400	320	1207,3	1448,76	7	2240	NSX630H Micrologic 630 А 3P	25

Таблица 7.3 – Выбор автоматов для отдельных ЭП

№ ЭП	I_p, A	Расчетный ток $1,0-1,25 \cdot I_p, A$	$I_{ном.а}, A$	$I_{расц}, A$	$I_{пуск}, A$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пуск}, A$	K_o	$I_{ном.то}, A$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}, kA$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	211	263,75	250	220	1055	1266	7	1540	NSX250N	15
2	15,65	19,56	25	25	78,25	93,9	7	175	Acti9 iC60L	3
3	60,8	76	100	80	304	364,8	7	560	GV7RE80	6
4	37,5	46,88	100	50	187,5	225	7	350	GV3P50	6
5	0,22	0,28	25	10	1,1	1,32	7	70	GV2ME14	2,5
6	37,5	46,88	100	50	187,5	225	7	350	GV3P50	6
7	0,22	0,28	25	10	1,1	1,32	7	70	GV2ME14	2,5
8	25,2	31,5	100	65	126	151,2	7	455	GV3P65	6
9	42	52,5	100	65	210	252	7	455	GV3P65	6
10	15,2	19	25	25	76	91,2	7	175	GV2ME22	3
11	7,2	9	25	25	36	43,2	7	175	Acti9 iC60L	3
12	4,54	5,68	25	16	22,7	27,24	7	112	Acti9 iC60L	3
13	53,68	67,1	100	63	268,4	322,08	7	441	Acti9 iC60L	6
14	211	263,75	250	220	1055	1266	7	1540	NSX250N	15
15	60,8	76	100	80	304	364,8	7	560	GV7RE80	6
16	37,5	46,88	100	50	187,5	225	7	350	GV3P50	6
17	37,5	46,88	100	50	187,5	225	7	350	GV3P50	6
18	0,22	0,28	25	10	1,1	1,32	7	70	GV2ME14	2,5
19	42	52,5	100	65	210	252	7	455	GV3P65	6
20	10,7	13,38	25	16	53,5	64,2	7	112	Acti9 iDPN	3
21	4,54	5,68	25	10	22,7	27,24	7	70	Acti9 iC60N	2,5
22	4,54	5,68	25	10	22,7	27,24	7	70	Acti9 iC60N	2,5
23	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
24	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
25	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
26	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
27	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
28	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
29	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
30	2,53	3,16	25	16	12,65	15,18	7	112	NG125LMA	3
31	1,28	1,6	25	16	6,4	7,68	7	112	Acti9 iC60N	3
32	0,66	0,83	25	16	3,3	3,96	7	112	Acti9 iC60N	3
33	1,28	1,6	25	16	6,4	7,68	7	112	Acti9 iC60N	3
34	0,66	0,83	25	16	3,3	3,96	7	112	Acti9 iC60N	3
35	4,54	5,68	25	10	22,7	27,24	7	70	Acti9 iC60N	2,5

8 Выбор сечений кабелей

Для питания щитов и отдельных ЭП применяем кабели марок ВВГнг(А)-LS (в производственных помещениях), ВБШВнг(А)-LS (по эстакадам галерей конвейеров) [17].

Сечение кабеля выбирается по нагреву:

$$I_{\text{расчп}} = \frac{I_p}{k_{\text{п}}}, \quad (8.1)$$

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расчп}}, \quad (8.2)$$

Согласование с ВА производится по следующей технологии [13]:

$$I_{\text{пр}} \geq I_p, \quad (8.3)$$

$$I_{\text{пр}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{расчп}}, \quad (8.4)$$

Выбор сечений кабелей приведен в таблицах 8.1-8.2.

Таблица 8.1 – Выбор кабелей для питания щиты силовые распределительные

Номер СП	Расчетный ток I_p , А	Ток срабатывания теплового расцепителя автомата, А	Допустимый ток кабеля, А	Сечение основной жилы S , мм ²	Марка, сечение кабеля
1	2	3	4	5	6
1Щ	328,09	400	435	185	ВВГнг(А)-LS 4x185
2Щ	294,78	400	435	185	ВВГнг(А)-LS 4x185
ЩВ	9,1	16	34	4	ВВГнг(А)-LS 5x4

Таблица 8.2 – Выбор сечений кабельных линий для ЭП

№ п/п	Обозначение кабеля на плане	Расчетный ток I_p , А	Номинальный ток расцепителя автомата, А	Допустимый ток кабеля, А	Сечение основной жилы S , мм ²	Марка, сечение кабеля
1	2	3	4	5	6	7
1	нШР1	211	220	254	95	ВВГнг(А)-LS 5x95
2	нШВ	15,65	25	34	4	ВВГнг(А)-LS 5x4
3	н203.1	60,8	80	96	25	ВВГнг(А)-LS 4x25
4	н204-1	37,5	50	62	10	ВБШВнг(А)-LS 4x10
5	н204-2	0,22	10	24	2,5	ВБШВнг(А)-LS 4x2,5
6	н204-1	37,5	50	62	10	ВБШВнг(А)-LS 4x10
7	н204-2	0,22	10	24	2,5	ВБШВнг(А)-LS 4x2,5
8	н201.1	25,2	65	82	16	ВВГнг(А)-LS 4x16

Окончание таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6	7
9	н208.1	42	65	96	25	ВВГнг(А)-LS 4x25
10	н207.1	15,2	25	34	4	ВВГнг(А)-LS 4x4
11	нШР4	7,2	25	34	4	ВВГнг(А)-LS 5x4
12	нШК4	4,54	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
13	нШР3	53,68	63	82	16	ВВГнг(А)-LS 5x16
14	нШР2	211	220	254	95	ВВГнг(А)-LS 5x95
15	н203.2	60,8	80	96	25	ВВГнг(А)-LS 4x25
16	н206-1	37,5	50	62	10	ВБШВнг(А)-LS 4x10
17	н15-1	37,5	50	62	10	ВБШВнг(А)-LS 4x10
18	н15-2	0,22	10	24	2,5	ВБШВнг(А)-LS 4x2,5
19	н208.2	42	65	96	25	ВВГнг(А)-LS 4x25
20	№2	10,7	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
21	н4-1	4,54	10	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
22	н5-1	4,54	10	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
23	н6-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
24	н7-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
25	н9-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
26	н8-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
27	н6-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
28	н7-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
29	н9-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
30	н8-1	2,53	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5
31	н16-1	1,28	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 5x2,5
32	н17.1	0,66	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 5x2,5
33	н16-1	1,28	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 5x2,5
34	н17.1	0,66	16	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 5x2,5
35	нШУ КИФ	Ф- 4,54	10	24	2,5	ВВГнг(А)-LS 3x2,5

Произведем расчет потерь (таблица 8.3-8.4) [12]:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi), \quad (8.5)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U_{ном}}, \quad (8.6)$$

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot r_{уд} \cdot l, \quad (8.7)$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_p^2 \cdot x_{уд} \cdot l, \quad (8.8)$$

Таблица 8.3 – Расчет потерь в кабелях, питающих ЭП

№ п/п	№ кабеля по плану	cosφ	sinφ	L, м	I _p , А	S, мм ²	γ _{уд} , Ом/км	χ _{уд} , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	нШР1	0,9	0,44	10	211	95	0,194	0,0602	0,19	0,259	0,722	0,0804
2	нШВ	0,83	0,56	10	15,65	4	4,6	0,095	0,28	0,034	1,064	0,0007
3	н203.1	0,75	0,66	52	60,8	25	0,74	0,0662	0,86	0,427	3,268	0,0382
4	н204-1	0,75	0,66	70	37,5	10	1,84	0,073	1,71	0,543	6,498	0,0216
5	н204-2	0,69	0,72	70	0,22	2,5	6,96	0,1	0,03	0	0,114	1E-06
6	н204-1	0,75	0,66	70	37,5	10	1,84	0,073	1,71	0,543	6,498	0,0216
7	н204-2	0,69	0,72	70	0,22	2,5	6,96	0,1	0,03	0	0,114	1E-06
8	н201.1	0,74	0,67	61	25,2	16	1,15	0,0675	0,63	0,134	2,394	0,0078
9	н208.1	0,8	0,6	52	42	25	0,74	0,0662	0,63	0,204	2,394	0,0182
10	н207.1	0,75	0,66	55	15,2	4	4,6	0,095	1,34	0,175	5,092	0,0036
11	нШР4	0,63	0,78	20	7,2	4	4,6	0,095	0,2	0,014	0,76	0,0003
12	нШК4	1	0	10	4,54	2,5	6,96	0,1	0,14	0,001	0,532	0,0001
13	нШР3	0,85	0,53	15	53,68	16	1,15	0,0675	0,37	0,149	1,406	0,0088
14	нШР2	0,9	0,44	10	211	95	0,194	0,0602	0,19	0,259	0,722	0,0804
15	н203.2	0,75	0,66	52	60,8	25	0,74	0,0662	0,86	0,427	3,268	0,0382
16	н206-1	0,75	0,66	52	37,5	10	1,84	0,073	1,27	0,404	4,826	0,016
17	н15-1	0,75	0,66	100	37,5	10	1,84	0,073	2,44	0,776	9,272	0,0308
18	н15-2	0,69	0,72	100	0,22	2,5	6,96	0,1	0,05	0	0,19	1E-06
19	н208.2	0,8	0,6	52	42	25	0,74	0,0662	0,63	0,204	2,394	0,0182
20	№2	0,85	0,53	45	10,7	2,5	6,96	0,1	1,31	0,036	4,978	0,0015
21	н4-1	1	0	12	4,54	2,5	6,96	0,1	0,17	0,002	0,646	0,0001
22	н5-1	1	0	12	4,54	2,5	6,96	0,1	0,17	0,002	0,646	0,0001
23	н6-1	0,86	0,51	20	2,53	2,5	6,96	0,1	0,14	0,001	0,532	3,8E-05
24	н7-1	0,86	0,51	2	2,53	2,5	6,96	0,1	0,01	0	0,038	4E-06
25	н9-1	0,86	0,51	2	2,53	2,5	6,96	0,1	0,01	0	0,038	4E-06
26	н8-1	0,86	0,51	16	2,53	2,5	6,96	0,1	0,11	0,001	0,418	3,1E-05
27	н6-1	0,86	0,51	20	2,53	2,5	6,96	0,1	0,14	0,001	0,532	3,8E-05
28	н7-1	0,86	0,51	2	2,53	2,5	6,96	0,1	0,01	0	0,038	4E-06
29	н9-1	0,86	0,51	2	2,53	2,5	6,96	0,1	0,01	0	0,038	4E-06
30	н8-1	0,86	0,51	16	2,53	2,5	6,96	0,1	0,11	0,001	0,418	3,1E-05
31	н16-1	0,65	0,76	53	1,28	2,5	6,96	0,1	0,14	0,002	0,532	2,6E-05
32	н17.1	0,69	0,72	53	0,66	2,5	6,96	0,1	0,08	0	0,304	7E-06
33	н16-1	0,65	0,76	53	1,28	2,5	6,96	0,1	0,14	0,002	0,532	2,6E-05
34	н17.1	0,69	0,72	53	0,66	2,5	6,96	0,1	0,08	0	0,304	7E-06
35	нШУ Ф- КИФ	1	0	25	4,54	2,5	6,96	0,1	0,36	0,004	1,368	0,0002

Таблица 8.4 – Расчет потерь в кабелях, питающих 1Ц, 2Ц, ЦВ

№ СП	cosφ	sinφ	L, м	I _{раб} , А	S, мм ²	γ _{уд} , Ом/км	χ _{уд} , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,84	0,54	228	328,09	185	0,099	0,0596	3,93	7,289	14,934	4,388
2	0,85	0,53	229	294,78	185	0,099	0,0596	3,56	5,91	13,528	3,558
3	0,91	0,41	250	9,1	4	4,6	0,095	4,38	0,286	16,644	0,006

9 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры по условиям устойчивости токам короткого замыкания

9.1 Расчет токов трехфазного к.з.

Расчетная схема сети и ее схема замещения представлены на рисунках 9.1-9.2.

За источник питания возьмем шины ПС 6 кВ, и выбранные трансформаторы на КТП, влияние внешнего сопротивления в сетях 0,4 кВ незначительно [8].

Сопротивления линии, питающей КТП:

$$x_L = x_0 \ell_L = 0,09 \cdot 1,4 = 0,13 \text{ Ом.}$$

$$r_L = r_0 \ell_L = 0,62 \cdot 1,4 = 0,87 \text{ Ом.}$$

Сопротивление системы [8]:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_c} = \frac{6,3^2}{136,4} = 0,29 \text{ Ом,}$$

$$\text{где } S_c = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ном откл.}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 6,3 = 136,4 \text{ МВА.}$$

Ток КЗ в точке К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_c = 0,29 \text{ Ом.}$$

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,29} = 13 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд К1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 13 = 33,09 \text{ кА.}$$

Ток КЗ в точке К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_c + x_L = 0,29 + 0,13 = 0,42 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_L = 0,87 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,42^2 + 0,87^2}} = 3,77 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд К2}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,77 = 9,6 \text{ кА.}$$

Пересчет сопротивлений к другой ступени напряжения производится по выражению [8, 12]:

$$X_{\kappa} = X_{\text{НОМ}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2, \quad (9.1)$$

Приведенное сопротивление системы:

$$x_{\text{с}} = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{с}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = \frac{6000^2}{136,4 \cdot 10^6} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 = 1,06 \text{ МОм},$$

Приведенные сопротивления КЛ:

$$x_{\text{Л}} = x_{\text{удЛ}} \ell_{\text{Л}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = 0,09 \cdot 1,4 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 = 0,51 \text{ МОм}.$$

$$r_{\text{Л}} = r_{\text{удЛ}} \ell_{\text{Л}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = 0,62 \cdot 1,4 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 = 3,5 \text{ МОм}.$$

Сопротивления трансформатора:

$$r_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot \frac{U_{\text{ном.}}^2}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot 10^6; \quad (9.2)$$

$$x_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{к}}}{100} \right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном.тр.}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном.}}^2}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot 10^6. \quad (9.3)$$

$$r_{\text{тр}} = \frac{7,6}{630} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 3,06 \text{ МОм};$$

$$x_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{7,6}{630} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 13,63 \text{ МОм}.$$

Ток КЗ в точке КЗ.

$$x_{\Sigma \text{КЗ}} = x_{\text{с}} + x_{\text{Л}} + x_{\text{тр}} = 1,06 + 0,51 + 13,63 = 15,2 \text{ МОм}.$$

$$r_{\Sigma \text{КЗ}} = r_{\text{тр}} + r_{\text{Л}} + r_{\text{ооб}} = 3,06 + 3,5 + 15 = 21,56 \text{ МОм}.$$

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma \text{КЗ}}^2 + r_{\Sigma \text{КЗ}}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{15,2^2 + 21,56^2}} = 8,75 \text{ кА}.$$

$$i_{\text{уд КЗ}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 8,75 = 12,37 \text{ кА}.$$

Для остальных точек расчет аналогичен (таблица 9.1).

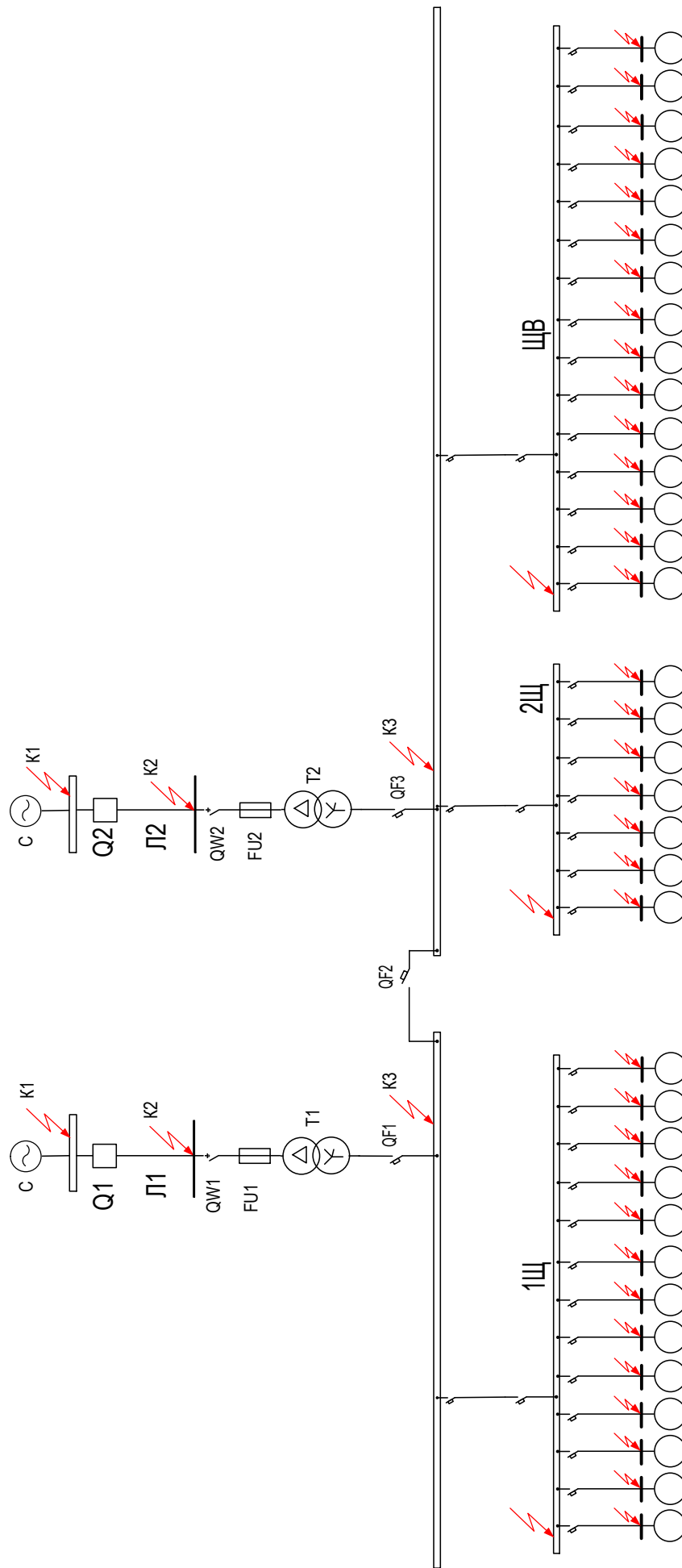


Рисунок 9.1 – Расчетная схема

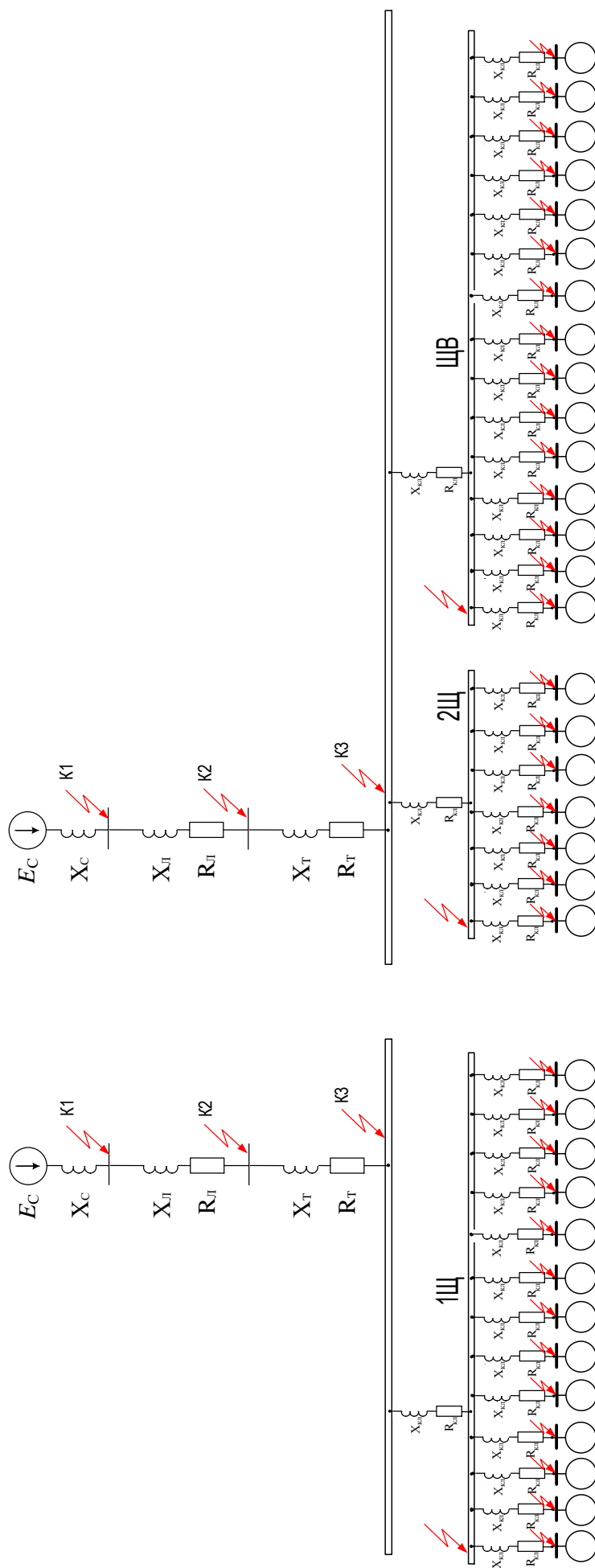


Рисунок 9.2 – Схема замещения

Таблица 9.1 – Расчет токов трехфазного к.з.

Точка КЗ	Кабель между СП и электро-приемником №:			Ri, МОм	Xi, МОм	L, м	го, Ом/км	хо, Ом/км	Rкл, МОм	Xкл, МОм	Rдоб., МОм	R, МОм	X, МОм	Z, МОм	Ikз, кА	Ky	iуд, кА
1	2			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K4	1Щ	-	Шины НН КТП	21,56	15,2	228	0,099	0,0596	22,572	13,589	20	49,132	28,789	56,945	4,055	1	5,735
K5	1Щ	-	1	49,132	28,7888	10	0,194	0,0602	1,940	0,602	25	56,072	29,391	63,308	3,648	1	5,159
K6	1Щ	-	2	49,132	28,7888	10	4,6	0,095	46,000	0,950	25	100,132	29,739	104,455	2,211	1	3,127
K7	1Щ	-	3	49,132	28,7888	52	0,74	0,0662	38,480	3,442	25	92,612	32,231	98,060	2,355	1	3,330
K8	1Щ	-	4	49,132	28,7888	70	1,84	0,073	128,800	5,110	25	182,932	33,899	186,046	1,241	1	1,755
K9	1Щ	-	5	49,132	28,7888	70	6,96	0,1	487,200	7,000	25	541,332	35,789	542,514	0,426	1	0,602
K10	1Щ	-	6	49,132	28,7888	70	1,84	0,073	128,800	5,110	25	182,932	33,899	186,046	1,241	1	1,755
K11	1Щ	-	7	49,132	28,7888	70	6,96	0,1	487,200	7,000	25	541,332	35,789	542,514	0,426	1	0,602
K12	1Щ	-	8	49,132	28,7888	61	1,15	0,0675	70,150	4,118	25	124,282	32,906	128,565	1,796	1	2,540
K13	1Щ	-	9	49,132	28,7888	52	0,74	0,0662	38,480	3,442	25	92,612	32,231	98,060	2,355	1	3,330
K14	1Щ	-	10	49,132	28,7888	55	4,6	0,095	253,000	5,225	25	307,132	34,014	309,010	0,747	1	1,056
K15	1Щ	-	11	49,132	28,7888	20	4,6	0,095	92,000	1,900	25	146,132	30,689	149,320	1,547	1	2,188
K16	1Щ	-	12	49,132	28,7888	10	6,96	0,1	69,600	1,000	25	123,732	29,789	127,267	1,815	1	2,567
K17	1Щ	-	13	49,132	28,7888	15	1,15	0,0675	17,250	1,013	25	71,382	29,801	77,353	2,986	1	4,223
K18	2Щ	-	Шины НН КТП	21,56	15,2	229	0,099	0,0596	22,671	13,648	20	49,231	28,848	57,061	4,047	1	5,723
K19	2Щ	-	14	49,231	28,8484	10	0,194	0,0602	1,940	0,602	25	56,171	29,450	63,423	3,641	1	5,149
K20	2Щ	-	15	49,231	28,8484	52	0,74	0,0662	38,480	3,442	25	92,711	32,291	98,173	2,352	1	3,326
K21	2Щ	-	16	49,231	28,8484	52	1,84	0,073	95,680	3,796	25	149,911	32,644	153,424	1,505	1	2,128
K22	2Щ	-	17	49,231	28,8484	100	1,84	0,073	184,000	7,300	25	238,231	36,148	240,958	0,958	1	1,355
K23	2Щ	-	18	49,231	28,8484	100	6,96	0,1	696,000	10,000	25	750,231	38,848	751,236	0,307	1	0,434
K24	2Щ	-	19	49,231	28,8484	52	0,74	0,0662	38,480	3,442	25	92,711	32,291	98,173	2,352	1	3,326
K25	2Щ	-	20	49,231	28,8484	45	6,96	0,1	313,200	4,500	25	367,431	33,348	368,941	0,626	1	0,885
K26	ЩВ	-	Шины НН КТП	21,56	15,2	250	4,6	0,095	1150,000	23,750	20	1176,560	38,950	1177,205	0,196	1	0,277
K27	ЩВ	-	21	1176,56	38,95	12	6,96	0,1	83,520	1,200	25	1265,080	40,150	1265,717	0,182	1	0,257
K28	ЩВ	-	22	1176,56	38,95	12	6,96	0,1	83,520	1,200	25	1265,080	40,150	1265,717	0,182	1	0,257
K29	ЩВ	-	23	1176,56	38,95	20	6,96	0,1	139,200	2,000	25	1320,760	40,950	1321,395	0,175	1	0,247
K30	ЩВ	-	24	1176,56	38,95	2	6,96	0,1	13,920	0,200	25	1195,480	39,150	1196,121	0,193	1	0,273
K31	ЩВ	-	25	1176,56	38,95	2	6,96	0,1	13,920	0,200	25	1195,480	39,150	1196,121	0,193	1	0,273
K32	ЩВ	-	26	1176,56	38,95	16	6,96	0,1	111,360	1,600	25	1292,920	40,550	1293,556	0,179	1	0,253
K33	ЩВ	-	27	1176,56	38,95	20	6,96	0,1	139,200	2,000	25	1320,760	40,950	1321,395	0,175	1	0,247
K34	ЩВ	-	28	1176,56	38,95	2	6,96	0,1	13,920	0,200	25	1195,480	39,150	1196,121	0,193	1	0,273
K35	ЩВ	-	29	1176,56	38,95	2	6,96	0,1	13,920	0,200	25	1195,480	39,150	1196,121	0,193	1	0,273
K36	ЩВ	-	30	1176,56	38,95	16	6,96	0,1	111,360	1,600	25	1292,920	40,550	1293,556	0,179	1	0,253
K37	ЩВ	-	31	1176,56	38,95	53	6,96	0,1	368,880	5,300	25	1550,440	44,250	1551,071	0,149	1	0,211
K38	ЩВ	-	32	1176,56	38,95	53	6,96	0,1	368,880	5,300	25	1550,440	44,250	1551,071	0,149	1	0,211
K39	ЩВ	-	33	1176,56	38,95	53	6,96	0,1	368,880	5,300	25	1550,440	44,250	1551,071	0,149	1	0,211
K40	ЩВ	-	34	1176,56	38,95	53	6,96	0,1	368,880	5,300	25	1550,440	44,250	1551,071	0,149	1	0,211
K41	ЩВ	-	35	1176,56	38,95	25	6,96	0,1	174,000	2,500	25	1355,560	41,450	1356,194	0,170	1	0,240

9.3 Расчет токов однофазного к.з.

Расчет токов однофазного к.з. $I_{K3}^{(1)}$ ведется по [7]:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{II}}, \quad (9.4)$$

Полное сопротивление петли:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_D + R_H + R_{TT} + R_A)^2 + (X' + X'' + X_C + X_{TT} + X_A)^2}, \quad (9.5)$$

Аналогичные расчеты сведем в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Расчет токов однофазного к.з.

Номер СП или ЭП	Сопротивление трансформатора однофазному к.з., Z _T , мОм	Длина провода или кабеля, м	Сопротивления фазного, нулевого провода, мОм/м	Сопротивление дуги R _d , мОм	Сопротивление первичной обмотки ТТ, R _{ТТ} , мОм	Активное сопротивление автомата, мОм	Внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, мОм/м	Сопротивление питающей системы, мОм	Индуктивное сопротивление первичной обмотки ТТ, X _{ТТ} , мОм	Индуктивное сопротивление автомата, мОм	Результатирующее активное сопротивление цепи фаза-нуль, мОм	Результатирующее реактивное сопротивление цепи фаза-нуль, мОм	Результатирующее полное сопротивление цепи фаза-нуль, мОм	Ток однофазного к.з., А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1Щ	129	228	0,099	30	0,15	0,55	0,6	1,06	0,21	0,17	75,84	138,24	157,677	1150,81
1	129	10	0,194	30		15	0,6			1	48,88	7	49,379	2499,92
2	129	10	4,6	30		3	0,6			15	125	21	126,752	1360,46
3	129	52	0,74	30		6	0,6			2,8	112,96	34	117,966	1434,71
4	129	70	1,84	30		6	0,6			6,8	293,6	48,8	297,628	677,98
5	129	70	6,96	30		2,5	0,6			15	1006,9	57	1008,512	219,63
6	129	70	1,84	30		6	0,6			6,8	293,6	48,8	297,628	677,98
7	129	70	6,96	30		2,5	0,6			15	1006,9	57	1008,512	219,63
8	129	61	1,15	31		6	1,6			3,4	177,3	101	204,05	934,79
9	129	52	0,74	32		6	2,6			3,4	114,96	138,6	180,072	1035,27
10	129	55	4,6	33		3	3,6			15	542	213	582,351	369,3
11	129	20	4,6	30		3	0,6			15	217	27	218,673	882,55
12	129	10	6,96	30		3	0,6			15	172,2	21	173,476	1066,82
13	129	15	1,15	30		6	0,6			3,4	70,5	12,4	71,582	2015,5
2Щ	129	229	0,099	30	0,15	0,55	0,6	1,06	0,21	0,17	76,04	138,84	158,299	1147,25
14	129	10	0,194	30		15	0,6			1	48,88	7	49,379	2499,92

Окончание таблицы 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	129	52	0,74	30		6	0,6			2,8	112,96	34	117,966	1434,71
16	129	52	1,84	30		6	0,6			6,8	227,36	38	230,514	844,34
17	129	100	1,84	30		6	0,6			6,8	404	66,8	409,485	510,38
18	129	100	6,96	30		2,5	0,6			15	1424,5	75	1426,473	157,16
19	129	52	0,74	30		6	0,6			3,4	112,96	34,6	118,14	1433,16
20	129	45	6,96	30		3	0,6			15	659,4	42	660,736	328,16
ЩВ	129	250	4,6	30	0,15	15	0,6	1,06	0,21	9	2345,15	160,27	2350,62	96,48
21	129	12	6,96	30		2,5	0,6			15	199,54	22,2	200,771	947,36
22	129	12	6,96	30		2,5	0,6			15	199,54	22,2	200,771	947,36
23	129	20	6,96	30		3	0,6			15	311,4	27	312,568	649,5
24	129	2	6,96	30		3	0,6			15	60,84	16,2	62,96	2179,5
25	129	2	6,96	30		3	0,6			15	60,84	16,2	62,96	2179,5
26	129	16	6,96	30		3	0,6			15	255,72	24,6	256,901	770,05
27	129	20	6,96	30		3	0,6			15	311,4	27	312,568	649,5
28	129	2	6,96	30		3	0,6			15	60,84	16,2	62,96	2179,5
29	129	2	6,96	30		3	0,6			15	60,84	16,2	62,96	2179,5
30	129	16	6,96	30		3	0,6			15	255,72	24,6	256,901	770,05
31	129	53	6,96	30		3	0,6			15	770,76	46,8	772,18	283,3
32	129	53	6,96	30		3	0,6			15	770,76	46,8	772,18	283,3
33	129	53	6,96	30		3	0,6			15	770,76	46,8	772,18	283,3
34	129	53	6,96	30		3	0,6			15	770,76	46,8	772,18	283,3
35	129	25	6,96	30		2,5	0,6			15	380,5	30	381,681	543,8

9.4 Проверка защитных аппаратов

Проверка на отключающую способность осуществляется по выражению:

$$I_{\text{отклном}} \geq I_{\text{кзмах}} \cdot \quad (9.6)$$

Таблица 9.3 – Проверка автоматических выключателей

Место установки (СП или № ЭП)	Тип автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Номер точки к.з.	$I_{\text{кз}}^{(3)}$, кА
1	2	3	4	5
Вводной автомат КТП	NSX630H Micrologic 630 A 3P	35	K3	8,75
Секционный автомат КТП	NSX630H Micrologic 630 A 3P	25	K3	8,75
Автомат защиты КУ	NSX250N	15	K3	8,75
Автомат защиты ЩО	NSX250N	15	K3	8,75
1Щ	NSX400H Micrologic 400 A 3P	25	K4	4,055
1	NSX250N	15	K5	3,648
2	Acti9 iC60L	3	K6	2,211
3	GV7RE80	6	K7	2,355
4	GV3P50	6	K8	1,241
5	GV2ME14	2,5	K9	0,426
6	GV3P50	6	K10	1,241
7	GV2ME14	2,5	K11	0,426
8	GV3P65	6	K12	1,796
9	GV3P65	6	K13	2,355
10	GV2ME22	3	K14	0,747
11	Acti9 iC60L	3	K15	1,547
12	Acti9 iC60L	3	K16	1,815
13	Acti9 iC60L	6	K17	2,986
2Щ	NSX400H Micrologic 400 A 3P	25	K18	4,047
14	NSX250N	15	K19	3,641
15	GV7RE80	6	K20	2,352
16	GV3P50	6	K21	1,505
17	GV3P50	6	K22	0,958
18	GV2ME14	2,5	K23	0,307
19	GV3P65	6	K24	2,352
20	Acti9 iDPN	3	K25	0,626
ЩВ	NG125LMA Micrologic 25 A 3P	10	K26	0,196
21	Acti9 iC60N	2,5	K27	0,182
22	Acti9 iC60N	2,5	K28	0,182
23	NG125LMA	3	K29	0,175
24	NG125LMA	3	K30	0,193
25	NG125LMA	3	K31	0,193
26	NG125LMA	3	K32	0,179
27	NG125LMA	3	K33	0,175
28	NG125LMA	3	K34	0,193
29	NG125LMA	3	K35	0,193
30	NG125LMA	3	K36	0,179
31	Acti9 iC60N	3	K37	0,149
32	Acti9 iC60N	3	K38	0,149
33	Acti9 iC60N	3	K39	0,149
34	Acti9 iC60N	3	K40	0,149
35	Acti9 iC60N	2,5	K41	0,17

Требуемое условие выполняется.

Произведем проверку чувствительности автоматов [12]:

$$\frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{рц,ном}} \geq 3. \quad (9.7)$$

Таблица 9.4 – Проверка чувствительности

Место установки (КТП, СП или ЭП)	Номер точки КЗ	Тип выключателя	$I_{рц,ном}$, А	$I_{кз(1)}$, А	$I_{кз(1)} / I_{рц,ном}$
1	2	3	4	5	6
Вводной автомат КТП	К3	NSX630H Micrologic 630 A 3P	630	5370,7	8,52
Секционный автомат КТП	К3	NSX630H Micrologic 630 A 3P	400	5370,7	13,43
Автомат защиты КУ	К3	BA 51-35	250	5370,7	21,48
Автомат защиты ЩО	К3	BA 47-29	25	5370,7	214,83
1Щ	К4	NSX400H Micrologic 400 A 3P	400	1150,81	2,88
1	К5	NSX250N	220	2499,92	11,36
2	К6	Acti9 iC60L	25	1360,46	54,42
3	К7	GV7RE80	80	1434,71	17,93
4	К8	GV3P50	50	677,98	13,56
5	К9	GV2ME14	10	219,63	21,96
6	К10	GV3P50	50	677,98	13,56
7	К11	GV2ME14	10	219,63	21,96
8	К12	GV3P65	65	934,79	14,38
9	К13	GV3P65	65	1035,27	15,93
10	К14	GV2ME22	25	369,3	14,77
11	К15	Acti9 iC60L	25	882,55	35,3
12	К16	Acti9 iC60L	16	1066,82	66,68
13	К17	Acti9 iC60L	63	2015,5	31,99
2Щ	К18	NSX400H Micrologic 400 A 3P	400	1147,25	2,87
14	К19	NSX250N	220	2499,92	11,36
15	К20	GV7RE80	80	1434,71	17,93
16	К21	GV3P50	50	844,34	16,89
17	К22	GV3P50	50	510,38	10,21
18	К23	GV2ME14	10	157,16	15,72
19	К24	GV3P65	65	1433,16	22,05
20	К25	Acti9 iDPN	16	328,16	20,51
ЩВ	К26	NG125LMA Micrologic 25 A 3P	25	96,48	3,86
21	К27	Acti9 iC60N	10	947,36	94,74
22	К28	Acti9 iC60N	10	947,36	94,74
23	К29	NG125LMA	16	649,5	40,59
24	К30	NG125LMA	16	2179,5	136,22
25	К31	NG125LMA	16	2179,5	136,22
26	К32	NG125LMA	16	770,05	48,13
27	К33	NG125LMA	16	649,5	40,59
28	К34	NG125LMA	16	2179,5	136,22
29	К35	NG125LMA	16	2179,5	136,22
30	К36	NG125LMA	16	770,05	48,13
31	К37	Acti9 iC60N	16	283,3	17,71
32	К38	Acti9 iC60N	16	283,3	17,71
33	К39	Acti9 iC60N	16	283,3	17,71
34	К40	Acti9 iC60N	16	283,3	17,71
35	К41	Acti9 iC60N	10	543,8	54,38

Требуемое условие чувствительности выполняется.

10 Проверка по допустимому отклонению напряжения для самого мощного и для самого удалённого электроприемников

Наиболее наглядно анализ качества напряжения отражается эпюрой отклонения напряжения. Расчет будем производить:

1. Для самого мощного электроприемника (ЭП № 1 (ШР1, отсадочная машина Romjig поз.202-I), от щита 1Щ);
2. Для самого удаленного (ЭП № 17, номер по плану 15М1 (конвейер ленточный ВРП160М4), от щита 2Щ).

Величина отклонения напряжения:

$$V = \frac{(U_{\text{ИП}} - \Delta U_{\text{участка}}) - U_{\text{Н}}}{U_{\text{Н}}} \cdot 100\%.$$

Потери в питающей линии определяются выражением:

$$\Delta U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб}} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi).$$

Потери в трансформаторе КТП определяются выражением:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi),$$

$$U_p = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_a^2},$$

$$U_a = \Delta P_{\text{к.з.}} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100.$$

Оценка качества напряжения для самого мощного электроприемника.

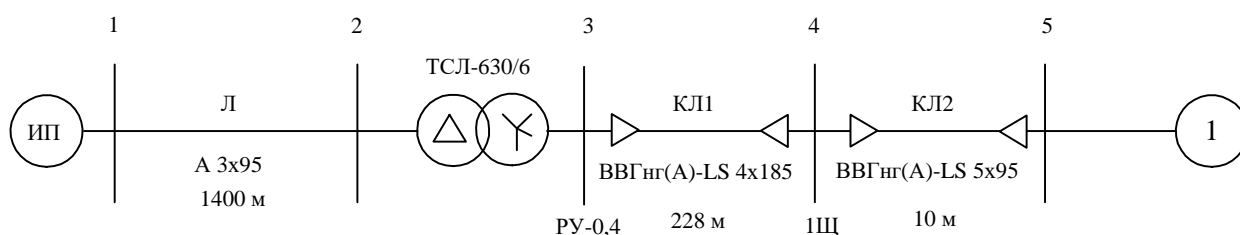


Рисунок 10.1 – Расчетная схема

Максимальный режим.

$U_{\text{ном}} = 6300 \text{ В}$ – напряжение ИП в максимальном режиме.

Максимальный режим.

Потери напряжения в высоковольтной линии Л, питающей один трансформатор, определены в процентах в п.5:

$$\Delta U_{\text{л}} = 0,51 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{\text{л}} = 0,51 \cdot 6000/100 = 30,6 \text{ В}.$$

Отклонение напряжения относительно номинального в линии Л:

$$V = \frac{(6300 - 30,6) - 6000}{6000} \cdot 100\% = 4,49\%.$$

тогда напряжение в конце линии Л составит:

$$U_2 = 6300 - 30,6 = 6269,4 \text{ В.}$$

Вычислим потери напряжения в трансформаторе.

$$\Delta P_{\text{к.з.}} = 7,6 \text{ кВт; } S_{\text{ном.тр.}} = 630 \text{ кВА.}$$

$$U_a = \Delta P_{\text{к.з.}} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100 = 7,6 / 630 \cdot 100 = 1,21 \%$$

$$U_k = 5,5\%,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37 \%$$

Потери напряжения в трансформаторе:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) = \\ &= 0,55 \cdot (1,21 \cdot 0,97 + 5,37 \cdot 0,24) = 1,35 \%. \end{aligned}$$

$$\Delta U_{\text{тр1}} = \Delta U_{\text{тр}} \cdot \frac{U_{\text{ном}}}{100} = 1,35 \cdot \frac{6000}{100} = 81 \text{ В.}$$

Напряжение на шинах НН трансформатора, приведенное к ВН:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{\text{тр1}} = 6269,4 - 81 = 6188,4 \text{ В.}$$

Коэффициент трансформации:

$$\begin{aligned} K_{\text{тр}} &= \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}}, \\ K_{\text{тр}} &= \frac{380}{6000} = 0,063. \end{aligned}$$

$$U_{2\text{НН}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}},$$

$$U_{2\text{НН}} = 6188,4 \cdot 0,063 = 391,93 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_3 = \frac{U_{2\text{НН}} - U_{\text{номНН}}}{U_{\text{номНН}}} \cdot 100 = \frac{391,93 - 380}{380} \cdot 100 = 3,14 \%$$

Потеря напряжения в линии КЛ1, соединяющем шины КТП и 1Щ:

$$\Delta U_{3-4} = 14,93 \text{ В.}$$

Напряжение в конце кабеля КЛ1, у 1Щ:

$$U_4 = U_{2НН} - \Delta U_{3-4} = 391,93 - 14,93 = 377 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{377 - 380}{380} \cdot 100 = -0,79 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения в линии КЛ2, соединяющем шины 1Щ и ЭП-1:

$$\Delta U_{4-5} = 0,72 \text{ В.}$$

Напряжение в конце кабеля КЛ2, у ЭП-1:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{4-5} = 377 - 0,72 = 376,28 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_5 = \frac{376,28 - 380}{380} \cdot 100 = -0,98 \text{ \%}.$$

0,98% < 10%. Условие выполняется, потери допустимы.

Расчеты для минимального и послеаварийного режимов для самого мощного электроприемника аналогичны (таблица 10.1).

Оценка качества напряжения для самого удаленного электроприемника.

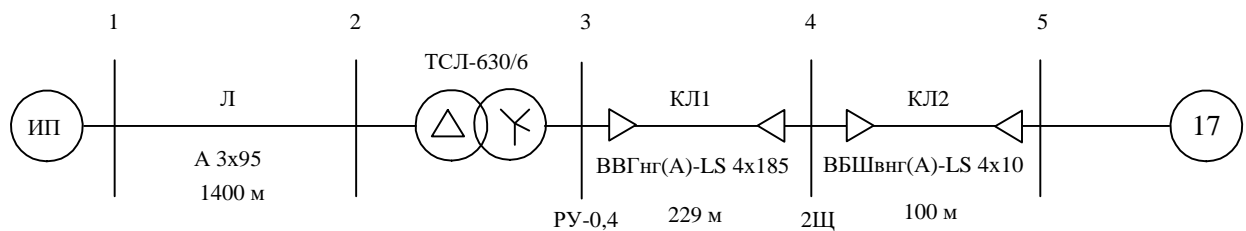


Рисунок 10.2 – Расчетная схема

Расчеты для трех режимов для самого удаленного электроприемника аналогичны (таблица 10.2).

Эпюры напряжения представлены в графической части.

Таблица 10.1 – Анализ качества напряжения (расчет отклонений напряжений) для самого мощного электроприемника

Режим	Участок	cosφ	sinφ	I, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _p , А	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U, В	Отклонение напряжения V, %
Максимальный режим	1-2	0,97	0,24	1,4	0,62	0,09	20,42				0,51	30,6	6269,4	4,49
	Участок	cos (φ)	sin (φ)	Kз(β)	ΔРк.з., кВт	S _{шт} , кВА	Ст.ном, кВА	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U _{вн} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,97	0,24	0,55	7,6	344,81	630	1,21	5,5	5,37	1,35	81	6188,4	3,14
	Участок	cosφ	sinφ	I, А	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км				ΔU, %	ΔU, В	U, В	
	3-4	0,84	0,54	328,09	0,228	0,099	0,0596				3,93	14,93	377	-0,79
4-5	0,9	0,44	211	0,01	0,194	0,0602				0,19	0,72	376,28	-0,98	
Минимальный режим	Участок	cosφ	sinφ	I, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _p , А				ΔU, %	ΔU, В	U, В	Отклонение напряжения V, %
	1-2	0,97	0,24	1,4	0,62	0,4	14,294				0,357	22,49	5977,51	-0,357
	Участок	cos (φ)	sin (φ)	Kз(β)	ΔРк.з., кВт	S _{шт} , кВА	Ст.ном, кВА	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U _{вн} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,97	0,24	0,38	7,6	241,37	630	1,21	5,5	5,37	0,94	56,4	5921,11	-1,32
	Участок	cosφ	sinφ	I, А	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км				ΔU, %	ΔU, В	U, В	
3-4	0,84	0,54	328,09	0,228	0,099	0,0596				2,751	10,451	364,549	-4,07	
4-5	0,9	0,44	211	0,01	0,194	0,0602				0,133	0,504	364,045	-4,2	
Послеаварийный режим	Участок	cosφ	sinφ	I, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _p , А				ΔU, %	ΔU, В	U, В	Отклонение напряжения V, %
	1-2	0,97	0,24	1,4	0,62	0,4	40,84				1,02	64,26	6235,74	3,98
	Участок	cos (φ)	sin (φ)	Kз(β)	ΔРк.з., кВт	S _{шт} , кВА	Ст.ном, кВА	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U _{вн} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,97	0,24	1,09	7,6	689,62	630	1,21	5,5	5,37	2,68	160,8	6074,94	1,25
	Участок	cosφ	sinφ	I, А	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км				ΔU, %	ΔU, В	U, В	
3-4	0,84	0,54	328,09	0,228	0,099	0,0596				3,93	14,93	369,82	-2,68	
4-5	0,9	0,44	211	0,01	0,194	0,0602				0,19	0,72	369,1	-2,87	

Таблица 10.2 – Анализ качества напряжения (расчет отклонений напряжений) для самого удаленного электроприемника

Режим	Участок	cosφ	sinφ	l, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _p , А	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U, В	Отклонение напряжения V, %
Максимальный режим	1-2	0,97	0,24	1,4	0,62	0,09	20,42				0,51	30,6	6269,4	4,49
					ΔРк.з., кВт									
	Участок	cos(φ)	sin(φ)	Kз(β)	кВт	S _{пл} , кВА	S _{г.ном} , кВА	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U _{вн} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,97	0,24	0,55	7,6	344,81	630	1,21	5,5	5,37	1,35	81	6188,4	3,14
	Участок	cosφ	sinφ	l, А	l, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км				ΔU, %	ΔU, В	U, В	
Минимальный режим	3-4	0,85	0,53	294,78	0,229	0,099	0,0596				3,56	13,53	378,4	-0,42
	4-5	0,75	0,66	37,5	0,1	1,84	0,073				2,44	9,27	369,13	-2,86
	Участок	cosφ	sinφ	l, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _p , А				ΔU, %	ΔU, В	U, В	Отклонение напряжения V, %
	1-2	0,97	0,24	1,4	0,62	0,09	14,294				0,357	21,42	5978,58	-0,357
Последовательный режим	Участок	cos(φ)	sin(φ)	Kз(β)	кВт	S _{пл} , кВА	S _{г.ном} , кВА	U _a , %	U _к , %	U _p , %	ΔU, %	ΔU, В	U _{вн} , В	Отклонение напряжения V, %
	2-3	0,97	0,24	1,09	7,6	689,62	630	1,21	5,5	5,37	2,68	160,8	6074,94	1,25
	Участок	cosφ	sinφ	l, А	l, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км				ΔU, %	ΔU, В	U, В	
	3-4	0,85	0,53	294,78	0,229	0,099	0,0596				2,492	9,471	365,599	-3,79
	4-5	0,75	0,66	37,5	0,1	1,84	0,073				1,708	6,489	359,11	-5,5
Участок	cosφ	sinφ	l, км	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _p , А				ΔU, %	ΔU, В	U, В	Отклонение напряжения V, %	
1-2	0,97	0,24	1,4	0,62	0,09	40,84				1,02	64,26	6235,74	3,98	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над ВКР выполнен проект реконструкции действующей системы электроснабжения обогатительной фабрики в связи с увеличением добычи угля.

В ходе выполнения работы была дана характеристика объекта проектирования и обоснование реконструкции схемы его электроснабжения. На предварительном этапе были рассчитаны электрические нагрузки на первом уровне для силовых электроприемников, а также количество и мощность светильников, рассчитана нагрузка на втором уровне электроснабжения для узлов питания. На основании этих полученных результатов были выбраны актуальные марки трансформаторов соответствующей мощности и с учетом применения компенсирующих устройств для повышения коэффициента мощности и выполнения договорных условий по электроснабжению.

Для защиты узлов второго уровня и индивидуальных электроприемников выбраны защитные аппараты (автоматические выключатели), и далее, с ними согласованы сечения проводников (кабельные линии различного сечения). Для выбора щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры произведены электротехнические расчеты рабочего и аварийного освещения.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, в области проектирования конфигурации электроснабжения, могут быть использованы для реконструкции и проектирования систем электроснабжения обогатительных фабрик угольных предприятий и других подобного рода объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы электроснабжения. Курсовое проектирование : учебн.-метод. пособие / сост. Н. В. Дулесова ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Электрон. текстовые, граф. дан. – Абакан : ХТИ – филиал СФУ, 2016. – 72 с.
2. Конюхова, Е. А. Электроснабжение : учебник / Е.А. Конюхова. – Электрон. дан. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 510 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий : Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. – 368 с.
4. Кудрин, Б. И. Электроснабжение : учебник для использования в образовательном процессе образовательных учреждений, реализующих программы высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата), профиль (направленность) "Электроснабжение" / Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, М. Г. Ошурков. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2018. – 382 с.
5. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. – М.: АО ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9633/> (дата обращения 20.05.2023).
6. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». – М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – URL: <https://gostinform.ru/other-dokumenty/posobie-obj48368.html> (дата обращения 20.05.2023).
7. Правила устройства электроустановок. – 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
8. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования ; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 1998. – 131 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031256> (дата обращения 20.05.2023).
9. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок ; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1994. – 27 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032239> (дата обращения 20.05.2023).
10. Кнорринг, Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения. - 6-е изд., перераб. - Ленинград : Энергия. Ленингр. отд-ние, 1968. - 391 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032239> (дата обращения 20.05.2023).
11. Киреева, Э. А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике : (с примерами расчетов) / Э. А. Киреева, С. Н. Шерстнев. - 3-е изд., стер. - Москва : КноРус, 2016. – 862 с.
12. Федоров, А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М. : Энергоаоииздат, 1987. – 368 с. – URL:

<http://www.electrolibrary.info/books/fedorov.htm> (дата обращения 20.05.2023).

13. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения : Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИН-ФРА–М, 2010. – 214 с. – URL: <https://docplayer.ru/28024670-V-p-shehovcov-raschet-i-proektirovanie-shemzlekqyusnabzheniya.html> (дата обращения 20.05.2023).

14. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение : Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 20.05.2023).

15. Электродвигатели АИР : сайт / Справочная система. – URL: <http://electronpro.ru/production> (дата обращения 20.05.2023).

16. Светотехническая продукция : сайт / Компания «Навигатор». – URL: www.navigator-light.ru (дата обращения 20.05.2023).

17. ГОСТ 31996-2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102744> (дата обращения 20.05.2023).

18. ГОСТ 31946-2012. Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередачи. Общие технические условия (с Изменением N 1). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102886> (дата обращения 20.05.2023).

19. Об установлении единых (котловых) тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям Республики Хакасия на 2022 год : Приказ государственного комитета энергетики и тарифного регулирования Республики Хакасия от 29 декабря 2021 года N 10-э. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/561698099> (дата обращения 20.05.2023).

20. Пункты распределительные ПР8501 и ПР8804 : сайт / Каталог. – URL: <https://darsteel.ru/products/punkty-raspredelitelnye-pr8501/> (дата обращения 20.05.2023).

21. Светильники промышленные светодиодные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://innokor.ru/catalog/promyshlennye-svetodiodnye-svetilniki> (дата обращения 20.05.2023).

22. Кабели с пластмассовой изоляцией ВВГнг(А)-LS: сайт / Каталог. – URL: <https://elmarts.ru/catalog/avvg/> (дата обращения 20.05.2023).

23. Автоматические выключатели : сайт / Каталог. – URL: https://grantek-svet.ru/catalog/avtomaticheskij_vyklyuchatel.php (дата обращения 20.05.2023).

24. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.

25. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. – М.: Энергия, 2010. – 397 с.


Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись

А.С. Торопов
инициалы, фамилия

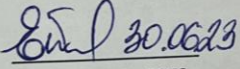
« 30 » 06, 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

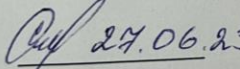
код – наименование направления

Электроснабжение обогатительной фабрики АО УК «Разрез Степной»
тема

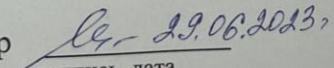
Руководитель  30.06.23
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник  27.06.23
подпись, дата

А. Н. Стрельченко
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  29.06.2023
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2023