

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

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой

_____ Н.В.
Савина

«_____» _____ 20
_____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Проектирование системы электроснабжения химического цеха Ангарского электролизного химического комбината (АЭХК)

Исполнитель
студент группы 942-об3

подпись, дата

Д.В. Соколова

Руководитель
доцент, канд.техн.наук

подпись, дата

Ю.В. Мясоедов

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

подпись, дата

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль
ст. преподаватель

подпись, дата

Л.А. Мясоедова

Благовещенск 2023

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

Факультет: Электроэнергетики и электротехники

Кафедра: Электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ Н.В. Савина
« _____ » _____ 2023г

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Соколовой Д.В.

1. Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование системы электроснабжения химического цеха Ангарского электролизного химического комбината (АЭХК)

Утвержденной приказом от 03.04.2023 № 794-уч

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к квалификационной работе: приведены в соответствующем разделе

4. Содержание выпускной квалификационной работы

1. Характеристика объекта электролизного комбината
2. Расчет электрических нагрузок в силовых питающих сетях на 0,4 кВ и 10 Кв КТП
3. Расчет электрических нагрузок и компенсация реактивной мощности в сетях на 10кВ и 110Кв ГПП
4. Расчет токов короткого замыкания
5. Выбор защитного оборудования
7. Техничко-экономическая часть
8. Цифровые и модернизированные технологии в электроэнергетике
9. Безопасность жизнедеятельности

5. Перечень материалов приложения: 6 листов графической части

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе: Доцент, кандидат тех., наук А.Б. Булгаков – раздел «Безопасность и экологичность»

7. Дата выдачи задания 04.04.2023

Руководитель выпускной квалификационной работы: Мясоедов Ю.В. доцент, канд. Тех. наук
(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата) Соколова Д.В.
(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 101 с., 14 таблиц, 4 рисунка, 30 источников.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, ЦЕНТР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, КАБЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ, ШИНОПРОВОД, ПЛАВКАЯ ВСТАВКА, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

В работе проводится расчёт нагрузок в соответствии с заданием на проект, определяются основные параметры силового оборудования, выполняется проверка выбранных аппаратов, обосновывается схема цехового электроснабжения по критерия минимума приведенных затрат.

Цель работы – проектирование электроснабжения химического цеха Ангарского химического электролизного комбината (АЭХК).

Созданы методы расчёта и проектирования цеховых сетей, выбора мощности трансформаторов, методика определения электрических нагрузок, выбора напряжения, сечений проводов и жил кабелей и т.п.

В связи с этим проектирование рациональных и наиболее экономичных схем электроснабжения предприятий является одной из сложных задач инженеров-проектировщиков. При построении схем и выборов аппаратов и проводников для нее нужно учитывать характер производства, типы электроприемников, влияние этого производства на природу и электроэнергию.

СОДЕРЖАНИЕ

Определения, обозначения, сокращения	6
Введение	7
1 Характеристика объекта электролизного комбината	9
1.1 Общая характеристика комбината	9
1.2 Характеристика объектов электроснабжения	11
2 Расчет электрических нагрузок в силовых питающих сетях 0.4 кв и 10 кв	
КТП	13
2.1 Расчет электрических нагрузок РУ-0.4 кв	13
2.2 Расчет нагрузки электроприемников ЩСУ-1	14
2.3 Расчет нагрузки электроприемников РП-1	18
2.4 Расчет нагрузки группы электроприемников РП-2	18
2.5 Расчет нагрузки ЩРО	21
2.6 Расчет нагрузки ЩАО	21
2.7 Расчет электрических нагрузок РУ-10Кв	21
2.8. Расчет и выбор компенсирующих устройств напряжением до 1000В	22
3 Расчет электрических нагрузок и компенсация реактивной мощности в сетях 10 кв и 110 кв ГПП	25
3.1 Выбор числа и мощности трансформаторов	25
3.2 Выбор мощности конденсаторных батарей для снижения потерь мощности в трансформаторах	27
3.3 Технико-экономические сравнения выбранного трансформатора	28
3.4 Выбор КТП	30
3.5 Выбор шин РУ-0.4 кв	30
3.6 Расчет электрических нагрузок завода	31
4 Расчет токов короткого замыкания	36
4.1 Общие положения	36
4.2 Расчет токов трехфазного короткого замыкания	37
4.3 Расчет токов однофазного короткого замыкания	41

4.4 Расчет ударных токов короткого замыкания	42
5 Построение карты селективности	44
6 Выбор защитного оборудования	46
7 Техничко-экономическая часть	71
8 Цифровые и модернизированные технологии в электроэнергетике	79
8.1 Цифровая подстанция. Состояние и перспективы развития	79
8.2 Создание пилотной цифровой подстанции в России	81
9 Безопасность и экологичность	83
9.1 Безопасность	83
9.2 Электробезопасность	88
9.3 Экологичность	90
9.4 Пожарная безопасность	92
Заключение	96
Библиографический список	98

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АВР – автоматический ввод резерва

АЭХК – ангарский электролизный химический комбинат

ГПП – главная понизительная подстанция

КТП – комплексная трансформаторная подстанция

КУ – компенсирующее устройство

КЗ – короткие замыкания

ПС – подстанция

РУ – распределительное устройство

СВСГ – сероводорода содержащий газ

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль

ЦЭН – центр электрический нагрузок

ЩАО – щит аварийного освещения

ЩРО – щит распределительный одностороннего обслуживания

ЩСУ – щит станции управления

ВВЕДЕНИЕ

Ангарск – город, расположенный в Восточной Сибири, долгое время считался закрытым и секретным городом, о котором мало кто знал, и до сих пор он остается частично секретным в связи с расположением в нем секретный комбинатов.

Целью данной выпускной квалификационной работы (ВКР) является проектирование электроснабжения химического цеха Ангарского химического электролизного комбината (АЭХК). В связи с тем, что данный комбинат является закрытым и остальные цеха засекречены, далее в работе они будут пронумерованными объектами.

Системой электроснабжения называют совокупность источников и систем преобразования, передачи и распределения электрической энергии.

Системы электроснабжения промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приёмников электрической энергии, к которым относятся электродвигатели различных механизмов и машин, электрические печи, электролизные установки, машин и аппаратов для электрической сварки, осветительные установки и другие промышленные приёмники электроэнергии. Основная задача электроснабжения промышленных предприятий возникла наряду с широким внедрением электропривода в качестве движущей силы различных механизмов и машин, а также строительством электрических станций.

Основными потребителями электроэнергии являются промышленные предприятия, так как они расходуют большую часть вырабатываемой в нашей стране энергии. Одно из основных отличий промышленных предприятий от городских и сельских сетей – электроэнергия в них применяется в разнообразных формах: в виде переменного тока, однофазного или трехфазного, при различных частотах и напряжениях, и постоянного тока, для чего, кроме

трансформаторных, применяются преобразовательные установки, преобразующие род тока, число фаз и частота, когда как в последних производство, передача и распределение энергии происходит в виде трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц.

Актуальность проекта состоит в том, чтобы спроектировать и модернизировать систему электроснабжения химического цеха.

В связи с процессом нарастания электропотребления усложняются и системы электроснабжения промышленных предприятий. В них входят сети высоких напряжений, распределительные сети, а в ряде случаев и сети промышленных ТЭЦ. Возникает необходимость внедрять автоматизацию систем электроснабжения промышленных предприятий и производственных процессов, осуществлять в массовых масштабах диспетчеризацию процессов производства с применением телеуправления и телесигнализацию и вести активную работу по экономии электрической энергии.

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий осуществлялось в централизованном порядке в ряде проектных организаций. В результате обобщения опыта проектирования возникли типовые решения.

В настоящее время созданы методы расчёта и проектирования цеховых сетей, выбора мощности трансформаторов, методика определения электрических нагрузок, выбора напряжения, сечений проводов и жил кабелей и т.п.

В связи с этим проектирование рациональных и наиболее экономичных схем электроснабжения предприятий является сложной задачей инженеров-проектировщиков. При построении схемы и выборе аппаратов и проводников для нее необходимо учитывать характер производства, типы электроприемников, влияние этого производства на окружающую среду и электроэнергию.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО КОМБИНАТА

1.1 Общая характеристика предприятия

В состав химического цеха входят объекты установки 86 по производству серной кислоты и установки 57 гидроочистки бензиновой фракции 130-КК.

Производство серной кислоты предназначено для:

- переработка сероводородсодержащих газов, процессов нефтехимии и нефтепереработки с получением серной кислоты методом мокрого катализа;
- производства и выдачи в сеть пара 10 кгс/см²;
- хранения и отгрузки серной кислоты потребителям в автомобильные и железнодорожные цистерны.

Сероводорода содержащий газ (СВСГ) с электролизного завода и объекта 300/301 по трубопроводу поступает в сепараторную ёмкость объекта 311 под давлением 2800-3000 кгс/м² для сепарации от остаточного газового конденсата. После сепараторной ёмкости СВСГ поступает в объект 1307 по трубопроводу для сжигания в котле для утилизации.

Для стабилизации необходимого давления в трубопроводе, вывод СВСГ на факел свечи осуществляется через два связно расположенных гидрозатвора. В гидрозатворах поддерживается требуемый уровень жидкости промышленной водой. Промышленная вода подается насосами в гидрозатворы из объекта 311. Слив смеси воды и газового конденсата, поступающего с СВСГ, в виде воды загрязнённой из гидрозатворов осуществляется через дренажный трубопровод самотёком в ёмкость.

Для осуществления готовности котла к сжиганию СВСГ, а также для прогрева установки WSA дымовыми газами, в печи котла сжигается топливный газ. Топливный газ по трубопроводу под давлением 5-8 кгс/см², через

электроздвижку и регулирующий клапан, с давлением 1-3 кгс/см², поступает в газосепаратор.

Из газосепаратора топливный газ через отсекающую электроздвижку и регулирующий клапан с давлением 1-3 кгс/см² подаётся на дежурные горелки факельного оголовка свечи. Для обеспечения горения происходит подача воздуха из атмосферы с помощью турбокомпрессоров Т-1, 2, 3, 4 установленных в объекте 307.

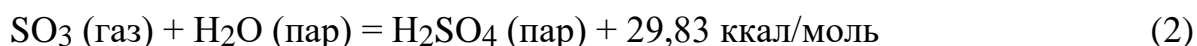
Очищенная химическим способом вода, используемая для питания котлов, подается в деаэратор объекта 1307 по трубопроводу из общей сети насосами ПН 1-4. Для обеспечения бесперебойной работы питательного насоса ПН 1-4, часть воды с нагнетания насоса поступает по линии рециркуляции в деаэратор.

Окисление сернистого ангидрида SO₂ до серного ангидрида SO₃ ведётся в одну стадию в трёхслойном реакторе на катализаторе WSA (объект 314) по реакции, которая протекает с выделением тепла:



Эта реакция является равновесной, и чтобы нарушить равновесие и получить более полное окисление, технологический газ перед поступлением на следующий слой катализатора охлаждается в реакторе.

В технологическом газе, выходящем из реактора поз. P101, происходит гидратация содержащегося в нём SO₃ и паров воды, с образованием серной кислоты:



Парообразная серная кислота в технологическом газе содержится в виде тумана серной кислоты. Полная конденсация тумана серной кислоты проходит

тогда, когда мельчайшие частицы тумана достигают размеров капелек серной кислоты. Для образования капелек серной кислоты в технологический газ, перед конденсатором, подается поток газа из блока управления образования кислотного тумана, содержащий частицы двуокиси кремния.

В конденсаторе технологический газ, содержащий частицы тумана серной кислоты, перемещается внутри стеклянных трубок снизу-вверх, а с наружной стороны трубки омываются встречным потоком холодного воздуха.

Горячая серная кислота после конденсатора в кислотном коллекторе перемешивается с потоком серной кислоты схемы циркуляции и поступает в ёмкость кислоты. При смешивании кислота охлаждается до температуры не более 74 °С.

Для поддержания концентрации циркулирующей кислоты в пределах 91,5-95% H₂SO₄, в кислотный канал вводится промышленная вода из водяного бака.

Откачивание серной кислоты осуществляется с помощью вакуумного насоса в сборник. В расчищенную от серной кислоты цистерну заливают щелочь NaOH и по эластичному шлангу подают пар 4,5 кгс/см². Пропарку ведут в течение 3-4 часов. Конденсат из цистерны откачивают по вакуумной схеме в бак, а затем утилизируют в промышленную канализацию. Цистерну обдувают воздухом от вентилятора для охлаждения и проветривания, берут пробу воздушной среды из цистерны на содержание горючих веществ и ПДК серной кислоты

1.2 Характеристика объектов электроснабжения

Компрессорная имеет следующие оборудование: маслососы, турбокомпрессоры, электродвигатели, подпорные насосы, приточная и вытяжная вентиляция, сварочные агрегаты, мостовой кран, станки и оборудование ремонтной мастерской.

Питание оборудования осуществляется переменным трёхфазным напряжением 0,4кВ; частотой 50 Гц от цеховой подстанции. Защита оборудования напряжением до 1000 В от токов короткого замыкания и токов перегрузки осуществляется автоматами.

Турбокомпрессоры запитываются от РУ-10 кВ ГПП.

ГПП завода питается по двум воздушным линиям 110 кВ типа АС-70 длиной 5 км от ТЭЦ-1. Для распределения и приема энергии по потребителям в ГПП предусмотрено распределительное устройство РУ-10 кВ со схемой автоматического ввода резерва (АВР). В распределительном устройстве РУ-10 кВ собраны высоковольтные ячейки типа К-104М, от которых запитаны трансформаторные подстанции заводских цехов. Цеховые подстанции питаются через кабельные линии, расположенные по эстакадам наиболее подходящим способом. Помещение трансформаторной подстанции каждого цеха встроено в производственный корпус соответствующего цеха.

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В СИЛОВЫХ ПИТАЮЩИХ СЕТЯХ 0,4 КВ И 10 КВ КТП

Расчётная мощность на шинах 10 кВ главных и распределительных подстанций определяется с учётом коэффициента одновременности в зависимости от величины средневзвешенного коэффициента использования и числа присоединений к сборным шинам РУ, ГПП.

В таблице 1 приведена ведомость электрических нагрузок цеха.

2.1. Расчёт электрических нагрузок РУ-0,4 кВ

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, работающие с переменным графиком нагрузки применяются в качестве привода электроприёмников напряжением до 1000В .

Номинальная мощность электроприёмников компрессорной с длительным режимом работы соответствует паспортной мощности:

$$P_H = P_{II}, \quad (3)$$

где P_H - номинальная мощность электроприёмника, кВт;

P_{II} - паспортная мощность электроприёмника, кВт;

Номинальная мощность электроприёмников с повторно-кратковременным режимом работы равна паспортной мощности, приведённой к относительной продолжительности включения, равной единице:

$$P_H = P_{II} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (4)$$

где ПВ - продолжительность включения.

2.2 Расчёт нагрузки групп электроприемников ЩСУ-1

Определяем средние нагрузки для каждого вида электроприемников.

Насосы водяного охлаждения:

$$P_{C1} = P_{H1} \cdot n_1 \cdot \kappa_{H1} = 22 \cdot 2 \cdot 0,65 = 28,6 \text{ кВт} \quad (5)$$

$$Q_{C1} = P_{C1} \cdot \text{tg} \varphi_1 = 28,6 \cdot 0,75 = 21,45 \text{ кВар} \quad (6)$$

Таблица 1 – Исходные данные электроприемников

Группа электроприемников	Наименование производственных механизмов	Кол-во, штук	Мощность, кВт		
1	2	3	4	5	6
ЩСУ-1	Маслонасосы	4	3	0,83 / 0,75	0,65
	Насосы водян. охл.	2	22	0,83 / 0,75	0,65
	Вытяжная вентил.	2	4	0,83 / 0,75	0,65
	Электроаппараты	4	1,5	0,45 / 1,98	0,06
ЩСУ-2	Маслонасосы	4	3	0,83 / 0,75	0,65
	Насосы водян. охл.	2	22	0,83 / 0,75	0,65
	Вытяжная вентил.	2	4	0,83 / 0,75	0,65
	Электроаппараты	4	1,5	0,45 / 1,98	0,06
РП-1	Станки ремонтной мастерской	-	$P_{\text{рас}} = 150$	0,84 / 0,64	0,14

1	2	3	4	5	6
РП-2	Сварочные агрегаты (ПВ=40%)	4	55	0,65 / 1,17	0,35
	Приточная вентил.	4	7,5	0,86 / 0,75	0,65
	Мостовой кран G=30 т	1	-	0,45 / 1,98	0,06
	1. дв. механ. подъема (ПВ=40%)	-	80	-	-
	2. дв. передв. тележки (ПВ=25%)	-	6	-	-
	3. дв. передв. моста (ПВ=25%)	-	50	-	-
ЩРО	Лампы ДРИ	-	32	0,95/0,33	0,85
ЩАО	Лампы накаливания	-	3,2	1 / 0	0,85
РУ-10кВ	Турбокомпрессор(СД)	4	2000	0,9 / 0,75	0,65

где P_c - средняя активная мощность, кВт;

Q_c - средняя реактивная мощность, кВАр; и т.д.

P_H - номинальная мощность электродвигателя, кВт;

n - количество электроприемников.

Маслонасосы:

$$P_{C2} = P_{H2} \cdot n_2 \cdot \kappa_{H2} = 3,0 \cdot 4 \cdot 0,65 = 7,8 \text{ кВт}; \quad (7)$$

$$Q_{см2} = P_{см2} \cdot tg\varphi = 7,8 \cdot 0,75 = 5,85 \text{ кВар} \quad (8)$$

Вытяжная вентиляция:

$$P_{см3} = P_{н3} \cdot n_3 \cdot K_{u3} = 4,0 \cdot 2 \cdot 0,65 = 5,2 \text{ кВт} \quad (9)$$

$$Q_{см3} = P_{см3} \cdot tg\varphi = 5,2 \cdot 0,75 = 3,9 \text{ кВар} \quad (10)$$

Электрозадвижки:

$$P_{см4} = P_{н4} \cdot n_4 \cdot K_{u4} = 1,5 \cdot 4 \cdot 0,06 = 0,36 \text{ кВт}; \quad (11)$$

$$Q_{см4} = P_{см4} \cdot tg\varphi = 0,36 \cdot 1,98 = 0,71 \text{ кВар} \quad (12)$$

Определяем суммарные мощности для всей группы:

$$\sum P_{см} = P_{с1} + P_{с2} + P_{с3} + P_{с4} = 28,6 + 7,8 + 5,2 + 0,36 = 41,96 \text{ кВт}; \quad (13)$$

$$\sum Q_{см} = Q_{с1} + Q_{с2} + Q_{с3} + Q_{с4} = 21,45 + 5,8 + 3,9 + 0,71 = 39,01 \text{ кВар} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \sum P_{н} &= P_{н1} \cdot n_1 + P_{н2} \cdot n_2 + P_{н3} \cdot n_3 + P_{н4} \cdot n_4 = 22 \cdot 2 + 3,0 \cdot 4 + 4,0 \cdot 2 + 1,5 \cdot 4 \\ &= 70 \text{ кВт}; \end{aligned} \quad (15)$$

Средний коэффициент использования:

$$k_{и} = \frac{\sum P_{с}}{\sum P_{н}} = \frac{41,96}{70} = 0,6; \quad (16)$$

Определяем отношение мощностей:

$$m = \frac{P_{H\max}}{P_{H\min}} = \frac{22}{1,5} = 14,67 = 15 \quad (17)$$

Эффективное число электроприемников:

$$n_{\text{э}} = \frac{2\sum P_H}{P_{H\max}} = \frac{2 \cdot 70}{22} = 6,36 \text{ шт, принимаем } n_{\text{эф}} = 6 \text{ шт} \quad (18)$$

Определяем коэффициент максимума:

K_M - табличная величина, принимается в зависимости от значения K_u и $n_{\text{эф}}$

$$K_M = 1,37$$

Определяем максимальную мощность электроприемников в группе:

$$P_{\max} = K_M \cdot \sum P_{\text{см}} = 1,37 \cdot 41,96 = 57,48 \text{ кВт}; \quad (19)$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}}, \text{ при } n_{\text{эф}} \leq 10 = 1,1 \cdot 39,01 = 42,91 \text{ кВар}; \quad (20)$$

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} = \sqrt{57,48^2 + 42,91^2} = 71,73 \text{ кВА} \quad (21)$$

Максимальный ток:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{71,73}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 109,11 \text{ А} \quad (22)$$

Так как нагрузка ЩСУ-1 полностью схожа с нагрузкой ЩСУ-2, то расчет будет аналогичным.

2.3 Расчёт нагрузки групп электроприемников РП-1.

Определим средние за смену нагрузки для каждого вида электроприемников.

Станки ремонтной мастерской:

$$P_{cp1} = \sum P_{ном} \cdot K_{и} = 150 \cdot 0,14 = 21 \text{ кВт}; \quad (23)$$

$$Q_{cp1} = P_{cp1} \cdot \text{tg}\varphi = 21 \cdot 1,33 = 27,93 \text{ кВАр}; \quad (24)$$

$$S_{CP1} = \sqrt{P_{CP}^2 + Q_{CP}^2} = \sqrt{21^2 + 27,93^2} = 34,94 \text{ кВа} \quad (25)$$

Определим расчетный ток:

$$I_{рас} = \frac{S_{cp1}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}} = \frac{34,94}{1,73 \cdot 0,38} = 53,15 \text{ А} \quad (26)$$

2.4. Расчёт нагрузки групп электроприемников РП-2

1. Определяем средние за смену нагрузки для каждого вида электроприемников.

Сварочные агрегаты:

$$P_{HCA} = P_{H} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{CA}=40\%}{ПВ=100\%}} = 55 \cdot 0,63 = 34,79 \text{ кВт}; \quad (27)$$

$$P_{cm1} = P_{HCA} \cdot \eta \cdot K_{u} = 34,79 \cdot 4 \cdot 0,35 = 48,71 \text{ кВт}; \quad (28)$$

$$Q_{cm1} = P_{cm1} \cdot \text{tg} \varphi = 48,71 \cdot 1,17 = 56,99 \text{ кВар} \quad (29)$$

Приточная вентиляция:

$$P_{CP2} = P_{H2} \cdot n \cdot K_u = 7,5 \cdot 4 \cdot 0,65 = 19,5 \text{ кВт}; \quad (30)$$

$$Q_{CP2} = P_{CP2} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 19,5 \cdot 0,75 = 14,62 \text{ кВар} \quad (31)$$

Мостовой кран:

$$P_{HMK} = P_{H \text{ под}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ=40\%}{ПВ=100\%}} + P_{H \text{ тел}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ=25\%}{ПВ=100\%}} + P_{H \text{ маст}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ=25\%}{ПВ=100\%}} = 80 \cdot \sqrt{0,4} + \\ + 6 \cdot \sqrt{0,25} + 50 \cdot \sqrt{0,25} = 78,6 \text{ кВт} \quad (32)$$

$$P_{CM3} = P_{HMK} \cdot n \cdot K_u = 78,59 \cdot 1 \cdot 0,06 = 4,72 \text{ кВт}; \quad (33)$$

$$Q_{CM3} = P_{CM3} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 4,72 \cdot 1,98 = 9,34 \text{ кВар}; \quad (34)$$

$$\sum P_{CM} = P_{CP1} + P_{CP2} + P_{CP3} = 48,71 + 19,5 + 4,72 = 72,93 \text{ кВт}; \quad (35)$$

$$\sum Q_{CM} = Q_{CP1} + Q_{CP2} + Q_{CP3} = 56,99 + 14,62 + 9,34 = 80,95 \quad (36)$$

Определяем суммарные мощности для всех электроприемников.

кВар;

$$\sum P_H = P_{H1} \cdot n + P_{H2} \cdot n + P_{H3} \cdot n = 34,79 \cdot 4 + 7,5 \cdot 4 + 78,6 = 247,76 \text{ кВар}; \quad (37)$$

Определяем средний коэффициент использования.

$$K_{\text{уср}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{н}}} = \frac{72,93}{247,76} = 0,29 \quad (38)$$

Определяем отношение мощностей:

$$m = \frac{P_{\text{нмакс}}}{P_{\text{нмин}}} = \frac{80}{1,5} = 53,33 = 53 \quad (39)$$

Определяем коэффициент максимума:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2\sum P_{\text{н}}}{P_{\text{н1 макс}}} = \frac{2 \cdot 247,76}{80} = 6,19; \text{ принимаем } 6, \text{ при } m > 3 \quad (40)$$

Определяем коэффициент максимума:

$K_{\text{м}}$ - табличная величина, принимается в зависимости от значения $K_{\text{и}}$ и

$n_{\text{эф}}$

$$K_{\text{м}} = 1,88 \text{ (табл. 3.8, [11])} \quad (41)$$

Определяем максимальную мощность электроприемников в группе:

$$P_{\text{макс}} = P_{\text{м}} \cdot \sum P_{\text{см}} = 1,88 \cdot 72,93 = 137,1 \text{ кВт}; \quad (42)$$

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot \sum Q_{\text{см}}, \text{ при } n_{\text{эф}} = 6 = 1,1 \cdot 80,95 = 89,04 \text{ кВар}; \quad (43)$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{137,1^2 + 89,04^2} = 163,47 \text{ кВА} \quad (44)$$

Максимальный ток:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} = \frac{163,47}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 248,67 \text{ A} \quad (45)$$

2.5 Расчёт нагрузки ЩРО.

Определяем среднюю активную и реактивную мощность.

$$P_{\text{смо}} = P_{\text{мах}} = P_{\text{H}} \cdot K_u = 32 \cdot 0,85 = 27,2 \text{ кВт}; \quad (46)$$

$$Q_{\text{смо}} = Q_{\text{мах}} = P_{\text{смо}} \cdot t_{g\varphi} = 27,2 \cdot 0,33 = 8,97 \text{ кВар}; \quad (47)$$

$$S_{\max} = \sqrt{27,2^2 + 8,97^2} = 28,64 \text{ кВа} \quad (48)$$

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} = \frac{28,64}{\sqrt{3} \cdot 0,220} = 75,36 \text{ A} \quad (49)$$

2.6 Расчёт нагрузки ЩАО

Определяем среднюю активную мощность

$$P_{\text{смав}} = S_{\max} = P_{\text{H}} \cdot K_u = 3,2 \cdot 1 = 3,2 \text{ кВт}; \quad (50)$$

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} = \frac{3,2}{\sqrt{3} \cdot 0,220} = 8,4 \text{ A} \quad (51)$$

2.7 Расчёт электрических нагрузок РУ-10 кВ

Турбокомпрессоры.

Приводом к турбокомпрессорам служит синхронный электродвигатель со следующими паспортными данными:

Тип: СДН-16-64-8;

$$P_{н.дв} = 2000 \text{ кВт};$$

$$U_{н.дв} = 10 \text{ кВ};$$

$$\eta_{н.дв} = 0,948; \frac{I_{пуск}}{I_n} = 7; \quad (52)$$

Расчёт электрических нагрузок РУ-10 кВ.

Турбокомпрессор (синхронный двигатель):

1. Определяем среднюю активную и реактивную мощность:

$$P_{срз} = P_{нмк} \cdot \eta \cdot K_u = 2000 \cdot 4 \cdot 0,65 = 5200 \text{ кВт}; \quad (53)$$

$$P_p = P_{срз} \cdot K_0 = 5200 \cdot 0,948 = 4940 \text{ кВт}; \quad (54)$$

$$Q_{смз} = Q_{\max} = - \frac{P_n \cdot n \cdot \text{tg} \varphi}{\eta} = - \frac{2000 \cdot 4 \cdot 0,484}{0,948} = 4075,79 \text{ квар} \quad (55)$$

где P_n – номинальная мощность двигателя;

K_0 – коэффициент одновременности.

$$S_{\max} = \sqrt{4940^2 + 4075,79^2} = 5104,7 \text{ кВА} \quad (56)$$

Результаты сводим в сводную таблицу 2.

2.8 Расчёт и выбор компенсирующих устройств напряжением

до 1000 В

Расчет и выбор компенсирующих устройств (КУ) производим на основании задания энергосистемы и в соответствии с "Руководящими указаниями по компенсации".

Энергосистемой задано в часы максимума нагрузки значение оптимального $\operatorname{tg}\varphi = 0,24$

Оптимальная мощность, которая передается из сети в часы максимума потребления активной мощности:

$$Q_{\varepsilon} = P_{\max} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\varepsilon} = 303,5 \cdot 0,24 = 72,84 \text{кВар} \quad (57)$$

Таблица 2 – Сводная таблица электрических нагрузок.

наименование групп ЭП	кол	установленная мощность		Ки	cosФ	tgФ	средняя нагрузка		пэф	Кн	расчетная мощность		
		одного	общая				Рсм,кВт	Qсм,кВт			Рmax	Qmax	Smax
ЩСУ-1													
Маслонасосы	4	3	12	0,65	0,83	0,75	7,8	5,85					
Эл.Двигжки	4	1,5	6	0,06	0,45	1,98	0,36	0,71					
Вытяжка	2	4	8	0,65	0,83	0,75	5,2	3,9					
Насорсы водяного охлаждения	2	22	44	0,65	0,83	0,75	28,6	21,45					
Всего по ЩСУ-1	12	30,5	70	0,65	0,8	0,75	41,95	39,01	6	0,6	57,5	42,91	71,73
ЩСУ-2 аналогично ЩСУ-1													
Всего по ЩСУ-2	12	30,5	70	0,65	0,8	0,75	41,98	39,01	6	0,6	57,5	42,91	71,73
РП-1													
Станки мастерской			150	0,14	0,84	0,64	21	27,93			21	27,93	34,94
РП-2													
Сварочные агрегаты	4	55	139,2	0,3	0,35	2,67	48,71	54,99					
мостовой кран Q=30т			78,6	0,06	0,45	1,98	4,72	9,34					
дв.подъема(ПВ=60%)	1	80											
да.привода тележки(ПВ=40%)	1	6											
дв.привода моста(ПВ=40%)	1	50											
приточная вентиляция	4	7,5	30	0,65	0,86	0,75	19,5	14,62					
всего по РП-2	9	198,5	247,8				72,93	80,95	6	1,9	137	89,04	163,47
ЩРО			32	0,85	0,95	0,33	27,2	8,97			27,2	8,97	28,64
ЩАО			3,2	0,85	1		3,2	3,2			3,2	0	3,2
нагрузки до уст.КУ по 0,4 кВ	33		713				208,25	195,87			304	211,8	373,71
компенсирующее устройство	1							-138				-139	
нагрузка РУ0,4 Кв с учетом КУ	34		713				208,25	57,89			304	72,84	312,12
потери в трансформаторах											3,95	16,59	
итоги на стороне ВН											307	89,43	320,2
турбо компрессор 10кВ	4	2000	8000	0,65	0,9	0,75	5200	-4076		1	4940	-4076	5105
Общая нагрузка цеха	38		8713				5408,25	-4018			5247	-3986	6589

3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 10 КВ И 110 КВ ГПП

$$P_{\text{max}} \text{ всего } P_{У0,4} = 303,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{КУрасч}} = Q_{\text{max}} - Q_{\text{э}} = 211,76 - 72,84 = 138,92 \text{ кВар} \quad (58)$$

На каждую секцию шин:

$$\frac{Q_{\text{КУрасч}}}{2} = \frac{138,92}{2} = 69,46 \text{ кВар} \quad (59)$$

Устанавливаем две комплектные конденсаторные установки со следующими паспортными данными:

Тип: УК2 – 0,38 – 50У3 (табл.4.5 [11]) и конденсатор КС1-0,38-6-3У3

Параметр регулировки: М (по мощности);

$$tg_{\text{д1}} = \frac{Q_{\text{max}} - Q_{\text{КУ}}}{P_{\text{max}}} = \frac{211,76 - (100 + 36)}{303,5} = 0,249; \quad (60)$$

3.1 Выбор числа и мощности трансформаторов

Выбираем два двухобмоточных трансформатора, т.к. у нас вторая категория надежности и электролизное предприятие, то K_3 принимаем равным 0,72.

Расчетная мощность трансформатора КТП:

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{303,5^2 + 72,84^2} = 312,12 \text{ кВа}; \quad (61)$$

где $P_{\text{см}} = P_{\text{max}0,4} = 303,5$;

$$Q_{см} = Q_{\max 0,4} = 72,84$$

Двухтрансформаторная подстанция:

$$S_{цтр} = \frac{S_{см}}{n \cdot K_3} = \frac{312,12}{2 \cdot 0,72} = 216,75 \text{ кВА} \quad (62)$$

где: K_3 - коэффициент загрузки трансформатора

$$K_3 = 0,7 \div 0,72 \text{ в электрохимии}$$

n - количество трансформаторов.

Выбираем трансформатор типа ТСЗ – 250 /10/0,4

Таблица 3 – Паспортные данные цехового трансформатора ТСЗ

Тип	$S_{\text{ном.}}$ кВА	$U_{\text{ном. обм.}}$, кВ		Потери, кВт		$U_{\text{к.з.ном.}}$ %	$I_{\text{х.х.ном.}}$, %
		ВН	НН	Х.Х	К.З.		
ТСЗ–250/10	250	10	0,4	1	3,8	5,5	3,5

Проверяем выбранный трансформатор на загрузку в рабочем и аварийном режиме (требование ПУЭ).

Загрузка трансформатора в аварийном режиме (при отключении одного трансформатора):

$$K_{за} = \frac{S_{см}}{S_{н1тр}} = \frac{316,75}{250} = 1,27 \text{ допускается } 1,4. \quad (63)$$

Загрузка трансформатора в рабочем режиме:

$$K_{зр} = \frac{S_{см}}{2 \cdot S_{н1тр}} = \frac{316,75}{2 \cdot 250} = 0,63 \leq 0,7 K_{зр} \quad (64)$$

Загрузка в рабочем и аварийном режимах находится в допустимых пределах, то есть данный тип трансформатора подходит.

3.2 Выбор мощности конденсаторных батарей для снижения потерь мощности в трансформаторах

Дополнительная мощность $Q_{НК2}$ НБК для группы трансформаторов определяется по формуле:

$$Q_{НК2} = Q_p - Q_{НК1} - \gamma \cdot S_{ном.т} \cdot N_T, \quad (65)$$

где γ – расчетный коэффициент, определяемый в зависимости от схемы питания и дополнительных показателей K_1 и K_2 и который при отсутствии достоверных данных можно принять равным 0,3.

Для варианта 1: $Q_{НК2} = 1223 - 651 - 0,3 * 1500 * 1 = 122$ квар;

Для варианта 2: $Q_{НК2} = 1223 - 652 - 0,3 * 750 * 2 = 121$ квар.

Суммарная мощность НБК цеха составит:

$$Q_{НК} = Q_{НК1} + Q_{НК2}, \quad (66)$$

Для варианта 1: $Q_{НК} = 651 + 122 = 773$ квар;

Для варианта 2: $Q_{НК} = 652 + 121 = 773$ квар.

Для варианта 1: устанавливаем одну НБК типа УК2-0,38-50УЗ, и одну НБК типа УКЛ-0,38-200-150УЗ;

Для варианта 2: устанавливаем две НБК типа КС1-0,38-6-ЗУЗ.

Общая скомпенсированная мощность цеха:

$$Q_{НК\Sigma} = Q_{НБК} \cdot n_{НБК}, \quad (67)$$

Для варианта 1: $Q_{HK\Sigma} = 600 \cdot 1 + 200 \cdot 1 = 800$ квар;

Для варианта 2: $Q_{HK\Sigma} = 400 \cdot 2 = 800$ квар.

Нескомпенсированная реактивная мощность:

$$Q_{HECK} = Q_p - Q_{HK\Sigma}, \quad (68)$$

Для варианта 1: $Q_{HECK} = 1223 - 800 = 423$ квар;

Для варианта 2: $Q_{HECK} = 1223 - 800 = 423$ квар.

3.3 Техничко-экономическое сравнение выбранного трансформатора

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$Z = E_H \cdot K + I = E_H \cdot (K_{KТП} + K_{НБК}) + A_\Sigma \cdot (K_{KТП} + K_{НБК}) + C_0 \cdot (\Delta W_{TP} + W_{НБК}) \cdot 10^{-3} \quad (69)$$

где $E_H = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности;

$K_{KТП}$ и $K_{НБК}$ - стоимость КТП и НБК соответственно;

C_0 - удельная стоимость потерь электроэнергии;

A_Σ - суммарные ежегодные отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание;

ΔW_{TP} и $W_{НБК}$ - потери электроэнергии в трансформаторе и НБК.

Потери в трансформаторах определяются по формуле:

$$\Delta W_{TP} = N_T \cdot (\Delta P_X \cdot T_T + K_{3\phi}^2 \cdot K_\phi^2 \cdot \Delta P_K \cdot T_P), \quad (70)$$

где ΔP_X - потери холостого хода трансформатора, кВт;

ΔP_K - потери короткого замыкания трансформатора, кВт;

$K_{3\phi}$ - фактический коэффициент загрузки трансформатора;

K_ϕ - коэффициент формы, равный 1,1;

T_T - время работы трансформатора, равное 8760 ч/год;

T_P - время работы цеха.

Потери в НБК определяются по формуле:

$$\Delta W_{НБК} = \Delta W_{удНБК} \cdot Q_{БК} \cdot T_P, \quad (71)$$

где $\Delta W_{удНБК}$ - удельные потери в НБК;

$Q_{БК}$ - мощность НБК, квар.

Стоимость КТП с трансформатором ТСЗ-250/10/0,4: $K_{КТП} = 31,07$ тыс.руб,
 $K_{НБК} = 8,92$ тыс.руб, $A_\Sigma = 0,094$.

$$\Delta W_{TP} = 1 \cdot (4,5 \cdot 8760 + 0,75^2 + 1,1^2 \cdot 16,5 \cdot 4608) = 91169;$$

$$\Delta W_{НБК} = 0,0045 \cdot 800 \cdot 4608 = 16588;$$

$$Z = 0,12 \cdot (31,07 + 8,92) + 0,094 \cdot (31,07 + 8,92) + 0,035 \cdot (91169 + 16558) \cdot 10^{-3} = 12,62$$

Стоимость КТП с трансформатором ТСЗ-250/10: $K_{КТП} = 28,75$ тыс.руб,
 $K_{НБК} = 3,87$ тыс.руб, $A_\Sigma = 0,094$.

$$\Delta W_{TP} = 2 \cdot (3,3 \cdot 8760 + 0,73^2 + 1,1^2 \cdot 11,6 \cdot 4608) = 126750;$$

$$\Delta W_{НБК} = 0,0045 \cdot 800 \cdot 4608 = 16588;$$

$$3 = 0,12 \cdot (28,75 + 3,87) + 0,094 \cdot (2 \cdot 28,75 + 3,87) + 0,035 \cdot (126750 + 16558) \cdot 10^{-3} = 14,69$$

Так как приведенные затраты для варианта 2 больше, чем для варианта 1, то принимаем к установке 2 КТП 250/10/0,4

3.4 Выбор КТП

Выбираем комплектную двухтрансформаторную подстанцию
2 КТП250/10/0,4

3.5 Выбор шин РУ-0,4 кВ

Выбор шин распределительных устройств любого напряжения производится по условию нагрева:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad (72)$$

$I_p = 474,78$ А (таблица 2.2). Выбираем алюминиевые шины прямоугольного сечения А(40Х5) $I_{\text{доп}} = 700$ А [1].

На согласование с защитой должно выполняться условие:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{защ}} \cdot I_3 \quad (73)$$

$$I_3 = 500 \text{ А} \quad K_{\text{защ}} = 1 \text{ для нормальной среды}$$

$700 > 500$, выбранные шины проходят по согласованию с защитой

На вводе установлен автомат ВА 52-39

3.6 Расчёт электрических нагрузок завода

Расчет производим по формулам:

$$Q_{\text{расч}} = P_{\text{расч}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 5247 \cdot 0,66 = 3463 \text{ кВар}; \quad (74)$$

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2} = \sqrt{5247^2 + 3463^2} = 6286,8 \text{ кВа}; \quad (75)$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6286,8}{1,73 \cdot 10} = 363,5 \text{ А} \quad (76)$$

Результаты расчёта сводим в таблицу 4

Таблица 4 – Сводная таблица электрических нагрузок завода

Наименование объекта	$P_{\text{расч.}}$ кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_{\text{расч.}}$ кВАр	$S_{\text{расч.}}$ кВА	T_{max} час	I_{max} А
Объект 913	4200	0,9	0,48	2032,8	4666	5000	269,7
Объект 915	5247	0,84	0,66	3463	6286,8	7000	363,5
Объект 916	1820	0,91	0,45	828,1	1999,5	5500	113,6
Объект 921	2100	0,93	0,395	829,5	2257,9	7000	130,5
Объект 923	810	0,9	0,484	392,04	899,9	3800	51,96
Станция 839	14177			7545,4	16059,9		928,3

Выбор трансформаторов ГПП

Для выбора мощности трансформаторов заводской подстанции (ГПП) необходимо знать передаваемую расчётную мощность:

$$P_{\text{расч}} = 14177 \text{ кВт}; Q_{\text{расч}} = 7545,4 \text{ кВар} \quad (77)$$

По выбранным ранее мощностям табл.2.4 выбираю двухобмоточные трансформаторы напряжением 110/10

Полная расчетная мощность:

$$S_p = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2} = \sqrt{14177^2 + 7545,4^2} = 16059,9 \text{ кВА} \quad (78)$$

Определяем потери в трансформаторе по упрощенным формулам:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,025 \cdot S_p = 0,025 \cdot 16059,9 = 401,5 \quad (79)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,105 \cdot S_p = 0,105 \cdot 16059,9 = 1686,3 \quad (80)$$

Полная мощность с учетом потерь:

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{(P_{\text{расч}} + \Delta P_T)^2 + (Q_{\text{расч}} + \Delta Q_T)^2} = \quad (81)$$
$$= \sqrt{(14177 + 401,5)^2 + (7545,4 + 1686,3)^2} = 17255,6 \text{ кВА}$$

Двухтрансформаторная подстанция:

$$S_{\text{ц тр}} = \frac{S_{\text{расч}}}{n \cdot K_3} = \frac{17255,6}{2 \cdot 0,7} = 12325,4 \text{ кВА} \quad (82)$$

где: K_3 - коэффициент загрузки трансформатора

$$k_3 = \frac{S_{\text{ОПТ}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{0,7}{0,72} = 0,97 \quad \text{в электрохимии}$$

n - количество трансформаторов.

С учётом дальнейшего развития завода выбираем трансформатор типа ТДН - 16000 / 110/10 таблица 5 из справочных материалов

Таблица 5 – Паспортные данные трансформатора ТДН

Тип	S _{ном.} , кВА	U _{ном. обм.} , кВ		Потери, кВт		U _{к.з.ном} .,%	I _{х.х.но} м.,%
		ВН	НН	Х.Х	К.З.		
ТДН– 16000/110	16000	115	10	26	85	10,5	0,8

Проверяем выбранный трансформатор на загрузку в рабочем и аварийном режиме. Загрузка трансформатора в аварийном режиме (при отключении одного трансформатора):

$$K_{за} = \frac{S_{расч}}{S_{н1тр}} = \frac{17255,6}{16000} = 1,07 \leq K_{за} \text{ допускается } 120\% \text{ } 1,2 \quad (83)$$

Загрузка трансформатора в рабочем режиме

$$K_{зр} = \frac{S_{расч}}{2 \cdot S_{н1тр}} = \frac{17255,6}{2 \cdot 16000} = 0,54 \leq 0,7 K_{зр} \quad (84)$$

Построение картограммы электрических нагрузок и определение центра электрических нагрузок (ЦЭН)

Если считать электрические нагрузки цеха равномерно распределёнными по площади цеха, то ЦЭН цеха будет совпадать с его геометрическим центром тяжести. Нахождение ЦЭН необходимо для определения места расположения ГПП.

Расчетная максимальная нагрузка равна:

$$P_i = \pi \cdot r_i \cdot m; \quad (85)$$

где r_i - радиус круга

m – масштаб для определения круга

Для нанесения картограммы нагрузок на генеральный план находим радиусы окружностей, которые пропорциональны нагрузке объектов:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}} \quad (86)$$

где P_i - расчетная максимальная нагрузка i -го цеха;

m - масштаб для определения площади круга, который принимается произвольно.

Результаты расчёта сводим в таблицу 6

Координаты ЦЭН определяются как:

$$X_{0A} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 179.6 \text{ м} \quad (87)$$

$$Y_{0A} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 332.8 \text{ м} \quad (88)$$

Таблица 6 – координаты и радиусы картограммы нагрузок

Наименование объекта	Нагрузка объекта P_i , кВт	Координата X, м	Координата Y, м	Радиус r_i , мм
Объект 913	4200	125	440	25,9
Объект 915	5247	125	178	28,9
Объект 916	1820	125	310	17
Объект 921	2100	430	437	18,3
Объект 923	810	290	560	11,4

Угол сектора, изображающего нагрузку 0,4 кВ в проектируемом объекте:

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{\text{иском}}}{P_{\text{цеха}}} = \frac{360 \cdot 303,5}{5247} = 20,9^\circ \quad \alpha - \text{ по } 0,4 \text{ кВ} \quad (89)$$

$$\frac{360 \cdot 30,4}{5249} = 2,1^\circ \quad \alpha - \text{ по освещению};$$

$$\frac{360 \cdot 4940}{5249} = 339,1^\circ \quad \alpha - \text{ по } 10 \text{ кВ}$$

К расчету прилагается генеральный план месторасположения объектов, получающих питание от ГПП, с картограммой нагрузок.

ЦЭН не совпадает с расположением реальной ГПП. Координаты ГПП следующие: $X_{\text{гш}} = 179,6\text{м}$; $Y_{\text{гш}} = 332,8\text{м}$. В основном выбор расположения подстанции зависит от условий местности, так как возможны неблагоприятные условия среды, наличие производственных загрязнений, вредно воздействующих на изоляцию; или когда площадка предприятия стеснена различными коммуникациями и сооружениями, поэтому при выборе расположения, типа и схемы подстанции определяющими могут оказаться условия, зависящие от технологического процесса. К таким производствам относится и данный химический завод.

4 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

4.1 Общие положения

Для сетей промышленных предприятий напряжением до 10 кВ характерна большая протяженность, а также наличие большого числа коммутационно-защитной аппаратуры. Даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на токи КЗ. Поэтому в расчетах токов КЗ в сетях до 10 кВ существует необходимость учитывать, как индуктивные, так и активные сопротивления короткозамкнутой цепи. Кроме того, учитываются также активные сопротивления всех переходных контактов в данной цепи.

Если достоверные данные о контактах и их переходных сопротивлениях отсутствуют, то рекомендуется при расчетах в сетях, которые получают питание от трансформаторов мощностью до 1600 кВА, учитывать их сопротивление следующим образом:

- для распределительных устройств на станциях – 15 мОм;
- для первичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых радиальными линиями от щитов ПС или главных магистралей – 20 мОм;
- для вторичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых от первичных РП – 25 мОм;
- для аппаратуры, установленной непосредственно у приемников электроэнергии, получающих питание от вторичных РП – 30 мОм.

Сопротивления токопровода от трансформатора к автоматическому выключателю ориентировочно можно принять равными: $r_{ш}=0,5$ мОм; $x_{ш}=2,25$ мОм.

Расчетными являются трехфазные и однофазные токи КЗ. Расчетная схема представлена на рисунке 3.

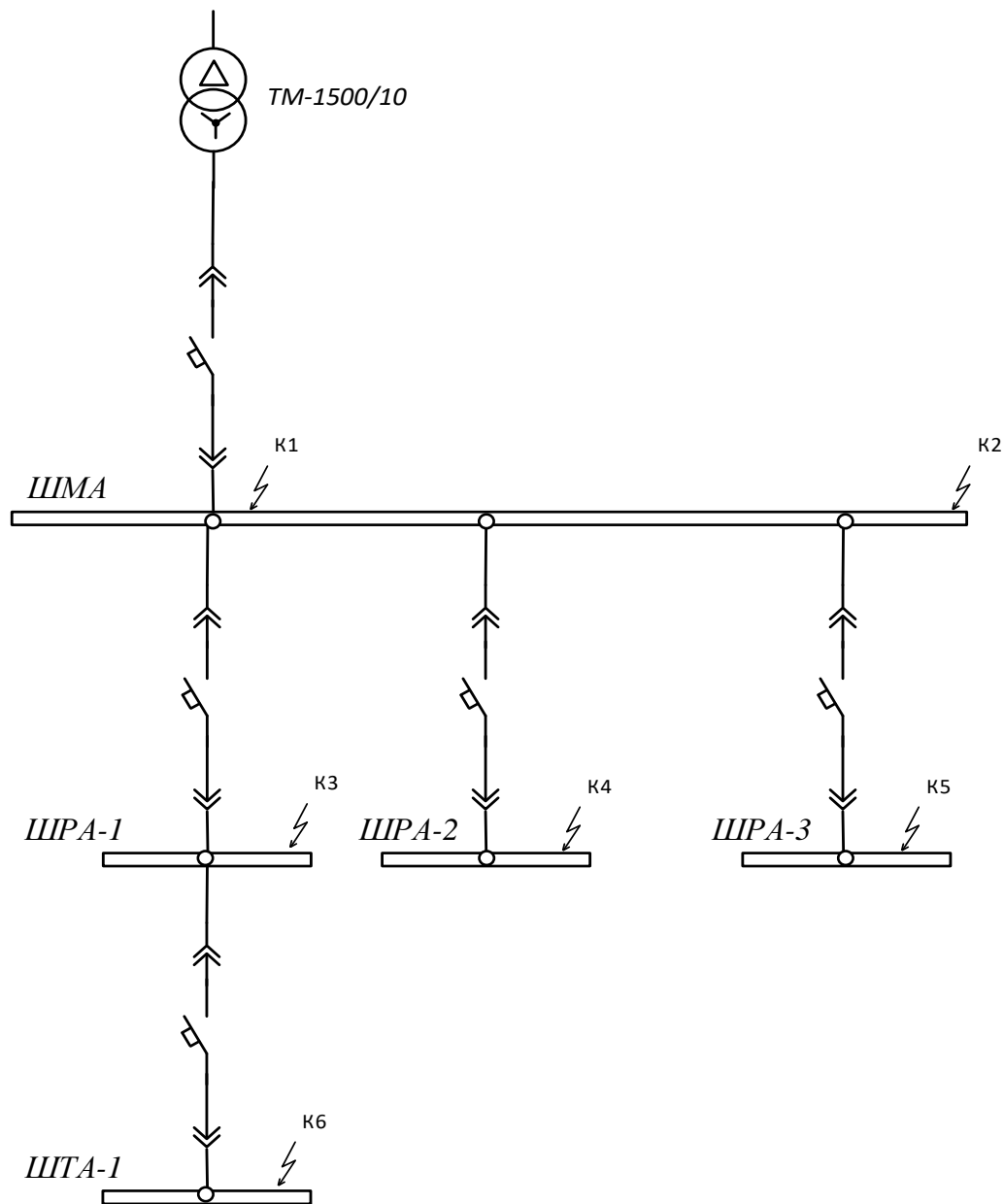


Рисунок 1- расчетная схема

4.2 Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Произведем расчет на примере точки К1. Схема замещения представлена на рисунке 4.

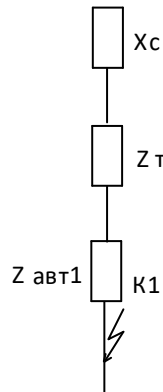


Рисунок 2- схема замещения для расчетов токов КЗ в точке К1

Определим параметры элементов схемы замещения.

Индуктивное сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_c \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot I_{KЗC} \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{U_{б.см}}{U_c} \right)^2, \quad (90)$$

где U_c - напряжение системы, равное 10,5 кВ;

$I_{KЗC}$ - ток короткого замыкания системы, т.к. не задан принимаем равный 5000 А;

$U_{б.см}$ - напряжение базисной ступени, равное 0,4 кВ.

$$x_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 5000 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,76 \text{ МОм}; \quad (91)$$

Сопротивления трансформатора:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_{НОМ}^2 \cdot 10^6}{S_{НОМТ}^2}, \quad (92)$$

$$r_{mp} = \frac{16.5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{1500^2} = 1,17 \text{ МОм};$$

$$z_{mp} = \frac{u_{k,\%} \cdot U_{НОМ}^2 \cdot 10^6}{100 \cdot S_{НОМТ}}, \quad (93)$$

$$z_{mp} = \frac{5.5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{100 \cdot 1500} = 5,86 \text{ МОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{z_{mp}^2 - r_{mp}^2}, \quad (94)$$

$$x_{mp} = \sqrt{5,86^2 - 1,17^2} = 5,74 \text{ МОм}.$$

Сопротивления шинпроводов, проводов и кабелей определяются по выражениям:

$$r = r_0 \cdot l, \quad (95)$$

$$x = x_0 \cdot l, \quad (96)$$

где r_0 и x_0 - удельные сопротивления шинпроводов, проводов и кабелей, мОм/м.

Ток трехфазного короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_{K3(0)}^{(3)} = \frac{U_{cp.HOM}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}}, \quad (97)$$

где $U_{cp.HOM}$ - среднее номинальное напряжение ступени, на которой находится точка КЗ, В;

r_{Σ} и x_{Σ} - суммарные активное и индуктивное сопротивление цепи КЗ, мОм.

Для расчетной точки К1 имеем:

$$r_{\Sigma} = r_{mp} + r + r_{nep}, \quad (98)$$

$$x_{\Sigma} = x_{mp} + x + x_C, \quad (99)$$

$$r_{\Sigma} = 1,17 + 3,1 + 15 = 19,27 \text{ мОм};$$

$$x_{\Sigma} = 5,74 + 21,56 + 1,76 = 29,06 \text{ мОм};$$

$$I_{K3(0)}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{19,27^2 + 29,06^2}} = 6,62 \text{ кА}.$$

Аналогично рассчитываются токи для остальных точек.

4.3 Расчет токов однофазного короткого замыкания

По Данной формуле определяется начальное действующее значение периодической составляющей ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{K3(0)}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{cp.HOM}}{\sqrt{(2 \cdot r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma}) + (2 \cdot x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})}}, \quad (100)$$

где $r_{1\Sigma}$ и $r_{0\Sigma}$ - суммарные активные сопротивления прямой и нулевой последовательности относительно точки КЗ соответственно;

$x_{1\Sigma}$ и $x_{0\Sigma}$ - суммарные реактивные сопротивления прямой и нулевой последовательности относительно точки КЗ соответственно.

При отсутствии заводских данных можно принимать: для шин $r_{0ш}=10r_{1ш}$, $x_{0ш}=8,5x_{1ш}$; для шинопроводов $r_{0ш}=10r_{1ш}$, $x_{0ш}=10x_{1ш}$; для трехжильных кабелей $r_{0ш}=10r_{1ш}$, $x_{0ш}=4x_{1ш}$.

Тогда для точки К1 будем иметь:

$$I_{K3(0)}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 192,7 + 19,27) + (2 \cdot 116,24 + 29,06)}} = 26,84 \text{ кА.}$$

Для остальных точек расчет аналогичен.

4.4 Расчет ударных токов короткого замыкания

Для проверки и выбора шинпровода по условию электродинамической стойкости необходимо знать наибольшее возможное мгновенное значение тока КЗ, которое называют ударным током и определяют по формуле:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{K3(0)}^{(3)} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right), \quad (101)$$

где T_a - постоянная времени затухания.

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{314 \cdot r_{\Sigma}}, \quad (102)$$

Тогда для точки К1 получаем:

$$T_a = \frac{29,06}{314 \cdot 19,27} \approx 0,005;$$

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot 6,62 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,005}} \right) = 10,63 \text{ кА.}$$

Для остальных точек расчет аналогичен.

Результаты расчетов токов КЗ для всех остальных точек приведены в таблицу 7.

Таблица 7 - Результаты расчетов токов короткого замыкания

Точка КЗ	$I_{КЗ(0)}^{(3)}$, кА	$I_{КЗ(0)}^{(1)}$, кА	i_{y0} , кА
1	6,623161537	26,84201069	10,63
2	6,236685884	26,24319405	10
3	6,213536476	26,18689504	9,97
4	6,190553981	26,1309568	9,94
5	6,158904363	26,03667897	9,87
6	5,857740445	25,50721637	9,39

5 ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ СЕЛЕКТИВНОСТИ

Карта селективности строится в логарифмическом масштабе: по оси абсцисс откладываются токи – расчетные, пиковые и КЗ; по оси ординат – времена продолжительности пиковых токов и времена срабатывания защит по защитным характеристикам.

Карта селективности для точек К1 – К2 – К3 представлена на рисунке 5. Проверим выбранную коммутационную аппаратуру по условию селективности.

На рисунке 4 характеристика плавкой вставки на 100 А предохранителя ПН2-100 для защиты станка 1 обозначена цифрой 1, [6].

При однофазном замыкании в точке К3 вставка перегорит за 0,03 с, как видно из рисунка 4.

Характеристика автоматического выключателя ВА88-73 с параметрами $I_{ном. расц} / I_{ср.эл} = 1600/1600$ А, защищающего магистраль 1-2-3 обозначена цифрой 2, [6].

При коротком замыкании в точке К2 защита сработает через 0,1 с. При замыкании в точке К3 защита сработает через 2,5 с.

Характеристика автоматического выключателя ВА88-43 с параметрами $I_{ном. расц} / I_{ср.эл} = 1600/1600$ А, защищающего шины КТП обозначена цифрой 3, [6].

При однофазном замыкании в точке К1 защита сработает через 0,2 с по условию селективности. При однофазном замыкании в точке К2 защита сработает через 0,2 с.

Т. к. время срабатывания защит увеличивается по мере удаления от ЭП, то уставки выбраны правильно.

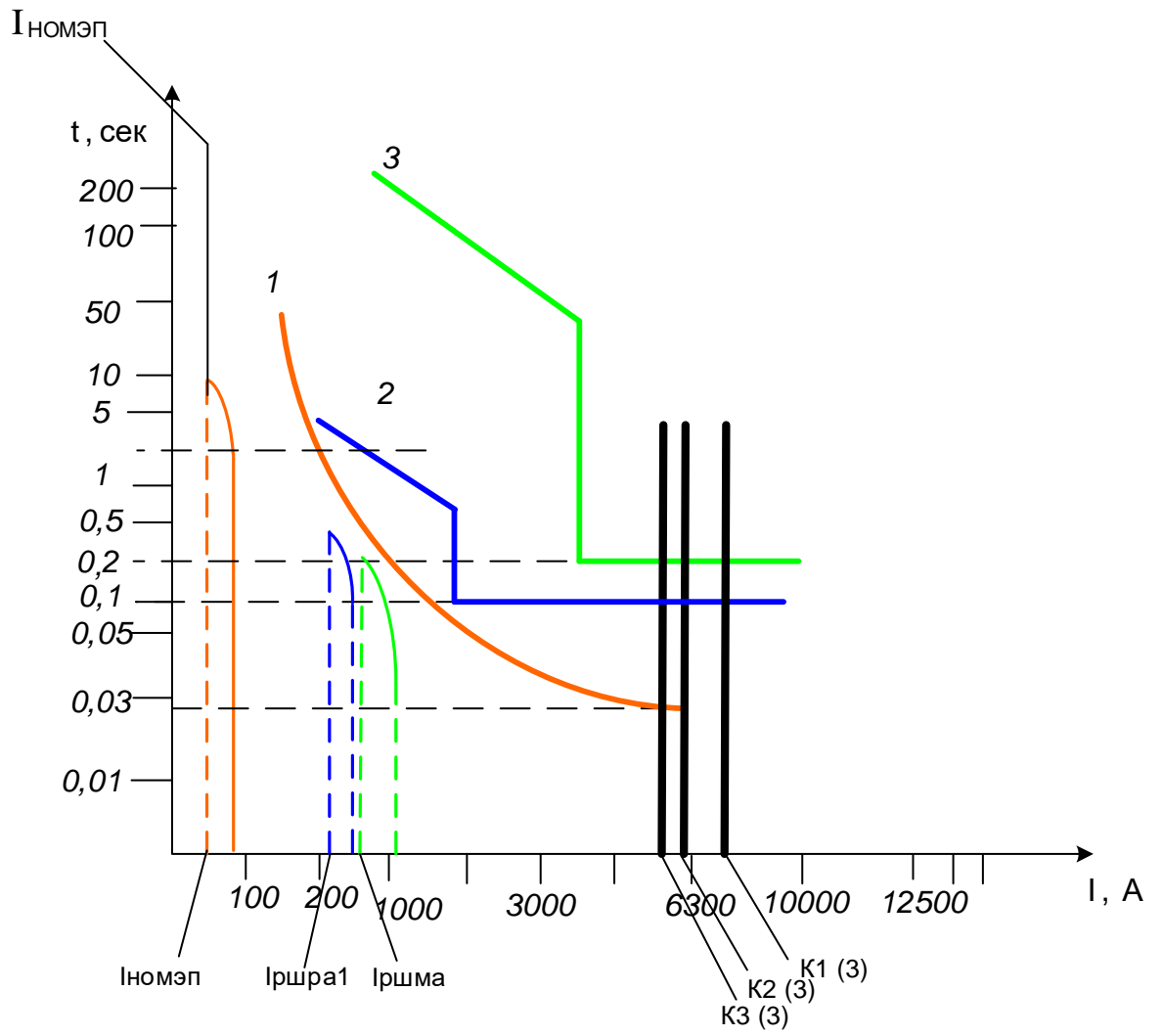


Рисунок 3 – Карта селективности для точек К1 – К2 – К3

6 ВЫБОР ЗАЩИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор автоматических выключателей (автоматов)

Распределительная сеть

Произведем выбор автоматов для маслонасосов.

$$P_{H(BB)} = 3,0 \text{ кВт}$$

$$I_{нд} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{H.дв} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{3,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83 \cdot 0,82} = 6,7 \text{ А} \quad (103)$$

где P_H - номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$U_{H.дв.}$ - номинальное напряжение электродвигателя, кВ;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности;

η - коэффициент полезного действия двигателя;

$$I_{пуск} = K_{II} \cdot I_{нд} = 6 \cdot 6,7 = 40,2 \text{ А} \quad (104)$$

$K_{II} = 6$ - кратность пускового тока

Выбираем автомат ВА51Г-25 $\frac{8}{10I_H}$

Условие выбора.

$$I_{нр} = 8 \text{ А} \geq I_n = 6,7 \text{ А} \quad (105)$$

Произведем проверку.

$$8 \cdot 10 > 1,25 \cdot 40,2$$

$$80A > 50,25A$$

Условие и проверка соблюдаются – автомат выбран верно.

Выбор производим для одного двигателя, для остальных электродвигателей распределительной сети аналогичен, данные сносим в сводную таблицу 3

Произведем выбор автоматов для вытяжной вентиляции.

$$P_{H(BB)} = 4,0 \text{ кВт}$$

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{2,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,84 \cdot 0,84} = 8,6A \quad (106)$$

$$I_{\text{пуск}} = K_{II} \cdot I_{нд} = 7 \cdot 8,6 = 60,3A \quad (107)$$

$$K_{II} = 7 - \text{кратность пускового тока}$$

Выбираем автомат ВА51Г-25 $\frac{10}{10I_H}$

Условие выбора.

$$I_{нр} = 10A \geq I_n = 8,6A \quad (108)$$

Произведем проверку.

$$10 \cdot 10 > 1,25 \cdot 60,3$$

$$100 A > 75,5 A$$

Произведем выбор автоматов для вспомогательных насосов.

$$P_{H(BB)} = 22 \text{ кВт}$$

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 41,35 A \quad (109)$$

$$I_{\text{пуск}} = K_{II} \cdot I_{н\delta} = 6,5 \cdot 41,35 = 268,8 A \quad (110)$$

$K_{II} = 6,5$ - кратность пускового тока

Выбираем автомат ВА51Г-31 $\frac{50}{14 I_H}$

Условие выбора.

$$I_{np} = 50 A \geq I_n = 41,35 A \quad (111)$$

Произведем проверку.

$$14 \cdot 50 > 1,25 \cdot 268,8$$

$$700 A > 336 A$$

Произведем выбор автоматов для сварочных агрегатов.

$$P_{нСА} = P_H \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{СА}=40\%}{ПВ=100\%}} = 55 \cdot 0,63 = 34,79 \text{ кВт} \quad (112)$$

$$I_{расч(СА)} = \frac{P_{расч(СА)}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{34,79}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,91} = 64,67 \text{ А} \quad (113)$$

$$I_{пуск} = I_{расч} = 64,67 \text{ А}$$

$$\text{Выбираем автомат ВА51Г-31} \frac{80}{14I_H}$$

Условие выбора.

$$I_{нр} = 80 \text{ А} \geq I_{н(СА)} = 64,67 \text{ А} \quad (114)$$

Произведем проверку.

$$14 \cdot 80 > 1,25 \cdot 64,67$$

$$1120 \text{ А} > 80,84 \text{ А}$$

Произведем выбор автоматов для приточной вентиляции.

$$P_H = 7,5 \text{ кВт}$$

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,86 \cdot 0,875} = 15,2 \text{ А} \quad (115)$$

$$I_{\text{пуск}} = K_{II} \cdot I_{\text{н\delta}} = 7,5 \cdot 15,2 = 113,7 \text{ A} \quad (116)$$

$K_{II} = 7,5$ - кратность пускового тока

Выбираем автомат ВА51Г-25 $\frac{16}{10I_H}$

Условие выбора.

$$I_{\text{нр}} = 16 \text{ A} \geq I_{\text{н}} = 15,2 \text{ A} \quad (117)$$

Произведем проверку.

$$10 \cdot 16 > 1,25 \cdot 113,7$$

$$160 \text{ A} > 142,1 \text{ A}$$

Произведем выбор автоматов для мостового крана.

$$P_{\text{расч(МК)}} = c \cdot P_2 + b \cdot P_c \quad (118)$$

Где P_2 -установленная мощность двух наибольших в группе электродвигателей, приведенных к ПВ=25%;

P_c - суммарная мощность всех электродвигателей группы, приведенных к ПВ=25%;

$b = 0,08$ и $c = 0,3$ -опытные коэффициенты.

$$P_2 = P_{H.ПОД} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 40\%}{ПВ = 25\%}} + P_{H.МОСТ} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 25\%}{ПВ = 25\%}} = 80 \cdot \sqrt{\frac{40}{25}} + 50 \cdot \sqrt{\frac{25}{25}} = 151,2 \text{ кВт}$$

$$P_c = P_{H.ПОД} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 40\%}{ПВ = 25\%}} + P_{H.ТЕЛ} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 25\%}{ПВ = 25\%}} + P_{H.МОСТ} \cdot \sqrt{\frac{25\%}{25\%}} = 80 \cdot \sqrt{\frac{40}{25}} + 6 \cdot \sqrt{\frac{25}{25}} + 50 \cdot \sqrt{\frac{25}{25}} = 157,2 \text{ кВт}$$

$$P_{расч(МК)} = 0,3 \cdot 151,2 + 0,08 \cdot 157,2 = 57,94 \text{ кВт} \quad (119)$$

$$I_{расч} = \frac{P_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{57,94}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,45} = 195,8 \text{ А} \quad (120)$$

$$I_{пуск} = 2 \cdot I_{расч} = 391,6 \text{ А} \quad (121)$$

Выбираем автомат ВА51Г-35 $\frac{200}{10I_H}$

$$I_{нр} = 200 \text{ А} \geq I_{расч} = 195,8 \text{ А} \quad (122)$$

$$I_{срэл} = 10 \cdot 200 = 2000 \text{ А} \geq 1,25 I_{пуск} = 1,25 \cdot 391,6 = 489,6 \text{ А} \quad (123)$$

Произведем выбор автоматов для электро-здвижек.

$$P_H = 1,5 \text{ кВт}$$

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos(\varphi) \cdot \eta} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83 \cdot 0,77} = 3,6 \text{ А} \quad (124)$$

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{П}} \cdot I_{\text{н\delta}} = 5 \cdot 3,6 = 18 \text{ A} \quad (125)$$

$K_{\text{П}} = 5$ - кратность пускового тока

Выбираем автомат ВА51Г-25 $\frac{4}{10I_{\text{H}}}$

Условие выбора.

$$I_{\text{нр}} = 4 \text{ A} \geq I_{\text{H}} = 3,6 \text{ A} \quad (126)$$

Произведем проверку.

$$10 \cdot 4 > 1,25 \cdot 3,6$$

$$40 \text{ A} > 4,5 \text{ A}$$

Магистральная сеть

Выбор автоматов для ЩСУ-1 и ЩСУ-2.

$$S_{\text{H(ЩСУ-1)}} = 71,73 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{H}} = 109,11 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск(ЩСУ-1,2)}} = I_{\text{пуск max}} + (I_{\text{расч max}} - I_{\text{H max}}) = 268,8 + (109,11 - 41,35) = 336,56 \text{ A} \quad (127)$$

Выбираем автомат ВА51Г-33 $\frac{125}{14I_{\text{H}}}$

$$I_{нр} = 125 A \geq I_{н} = 109,11 A$$

$$I_{срэл} = 125 \cdot 14 = 1750 A \geq 1.25 I_{пуск} = 1.25 \cdot 336,56 = 420,7 A \quad (128)$$

Условие и проверка соблюдаются – автомат выбран верно.

Выбор остальных автоматов аналогичен

Выбор автоматов для РП-1.

$$S_{H(РП-1)} = 24,93 кВА$$

$$I_{н} = 37,95 A$$

Выбираем автомат ВА51Г-31 $\frac{40}{14I_H}$

$$I_{нр} = 40 A \geq I_{н} = 37,95 A \quad (129)$$

Выбор автоматов для РП-2.

$$S_{H(РП-2)} = 163,47$$

$$I_{н} = 248,67 A$$

$$I_{пуск(РП-2)} = I_{пуск\ max} + (I_{расч\ max} - I_{н\ max}) = 391,6 + (248,67 - 195,8) = 444,47 A \quad (130)$$

Выбираем автомат ВА51Г-35 $\frac{250}{10I_H}$

$$I_{нр} = 250 A \geq I_n = 248,67 A$$

$$I_{срэл} = 250 \cdot 10 = 2500 A \geq 1,25 I_{пуск} = 1,25 \cdot 444,47 = 555,58 A \quad (131)$$

Выбор автоматов для ЩРО.

$$S_{H(ЩРО)} = 28,64 \text{ кВА}$$

$$I_n = 75,36 A$$

Выбираем автомат ВА51Г-31 $\frac{80}{14I_n}$

$$I_{нр} = 80 A \geq I_n = 75,36 A$$

Выбор автоматов для ЩАО.

$$S_{H(ЩАО)} = 3,2 \text{ кВА}$$

$$I_n = 8,4 A$$

Выбираем автомат ВА51Г-25 $\frac{10}{10I_n}$

$$I_{нр} = 10 A \geq I_n = 8,4 A$$

Выбор автоматов для КУ.

$$Q_H = 138,92 \text{квар}$$

$$U_H = 0,38 \text{кВ}$$

$$\sin(\phi_H) = 1$$

$$I_H = \frac{Q_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos(\varphi)} = \frac{138,92/2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 105,6 \text{ А} \quad (132)$$

$$I_{\text{пуск}} = 1,3 \cdot I_{\text{нд}} = 1,3 \cdot 105,6 = 137,4 \text{ А} \quad (133)$$

Выбираем автомат ВА51Г-33 $\frac{125}{14I_H}$.

Условие выбора.

$$I_{\text{нр}} = 125 \text{ А} \geq I_H = 105,6 \text{ А}$$

Произведем проверку.

$$14 \cdot 125 > 1,25 \cdot 137,4$$

$$1750 \text{ А} > 171,7 \text{ А}$$

Выбор автоматов на вводы 0,4 кВ.

$$S_{H(0,4\text{кВ})} = 312,12 \text{кВА}$$

$$I_H = 474,78 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 1,3 \cdot I_{\text{нд}} = 1,3 \cdot 474,78 = 617,2 \text{ А} \quad (134)$$

Выбираем автомат ВА51-39 $\frac{500}{10I_{\text{н}}}$

$$I_{\text{нр}} = 500\text{А} \geq I_{\text{н}} = 474,78\text{А}$$

$$I_{\text{срэл}} = 500 \cdot 10 = 5000\text{А} \geq 1,25I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 617,2 = 771,5 \text{ А} \quad (135)$$

Выбор магнитных пускателей

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного пуска и останова АД с К.З. ротором, а также для защиты от токов перегрузки, от понижения напряжения и для выполнения реверса.

Условие выбора пускателей.

$$I_{\text{н.ПУСК.}} \geq I_{\text{н.ДВ.}}$$

где $I_{\text{н.ПУСК.}}$ - номинальный ток пускателя;

$I_{\text{н.ДВ.}}$ - номинальный ток электродвигателя.

Выбор пускателей для запуска маслонасосов.

$$I_{\text{н}\delta} = 6,7 \text{ А}$$

Выбираем пускатель ПМЛ-110004

$$I_{\text{нп}} = 10\text{А} \geq I_{\text{н}\delta} = 6,7\text{А}$$

Выбор пускателей для запуска вспомогательных насосов.

$$I_{\text{нд}} = 41,35 \text{ А}$$

Выбираем пускатель ПМЛ-410004

$$I_{нп} = 63 \text{ A} \geq I_{нд} = 41,35 \text{ A}$$

Выбор пускателей для запуска вытяжной вентиляции.

$$I_{нд} = 8,6 \text{ A}$$

Выбираем пускатель ПМЛ-110004

$$I_{нп} = 10 \text{ A} \geq I_{нд} = 8,6 \text{ A}$$

Выбор пускателей для запуска приточной вентиляции.

$$I_{нд} = 15,2 \text{ A}$$

Выбираем пускатель ПМЛ-210004

$$I_{нп} = 25 \text{ A} \geq I_{нд} = 15,2 \text{ A}$$

Выбор пускателей для запуска электро-задвижек.

$$I_{нд} = 3,57 \text{ A}$$

Выбираем пускатель ПМЛ- 110004

$$I_{нп} = 10 \text{ A} \geq I_{нд} = 3,57 \text{ A}$$

Выбор пускателей для запуска сварочных агрегатов.

$$I_{н\delta} = 68,8A$$

Выбираем пускатель ПМЛ-510004

$$I_{нп} = 80A \geq I_{н\delta} = 68,8A$$

Выбор пускателя для запуска мостового крана.

$$I_{н,дв} = 195,8A$$

Выбираем пускатель ПМЛ-710004

$$I_{н,пуск} = 200 A \geq I_{н,дв} = 195,8 A$$

Выбор тепловых реле

Тепловое реле применяется для защиты электрических цепей.

Условие выбора теплового реле.

$$I_{ср.т.р.} = 1,1 \div 1,2 \cdot I \tag{136}$$

где $I_{ср.т.р.}$ – ток срабатывания теплового реле.

Выбор тепловых реле, встраиваемых в пускатель ПМЛ-110004

Маслонасосы.

$$I_{нд} = 6,7A$$

$$I_{сртр} = 1,1 \cdot I_{нд} = 1,1 \cdot 6,7 = 7,3A$$

(137)

Выбираем тепловое реле РТ-40/20

Выбор тепловых реле, встраиваемых в пускатель ПМЛ-110004

Вытяжная вентиляция.

$$I_{нд} = 8,6A$$

$$I_{сртр} = 1,1 \cdot I_{нд} = 1,1 \cdot 8,6 = 9,46A$$

(138)

Выбираем тепловое реле РТ-40/100

Выбор тепловых реле, встраиваемых в пускатель ПМЛ-410004

Вспомогательные насосы.

$$I_{нд} = 41,35 A$$

$$I_{сртр} = 1,1 \cdot I_{нд} = 1,1 \cdot 41,35 = 47,55A$$

(139)

Выбираем тепловое реле РТЗ-51

Выбор тепловых реле, встраиваемых в пускатель ПМЛ-210004

Приточная вентиляция.

$$I_{нд} = 15,2A$$

$$I_{сртр} = 1,1 \cdot I_{нд} = 1,1 \cdot 15,2 = 16,7A$$

(140)

Выбираем тепловое реле РТЛ-102104

Выбор тепловых реле, встраиваемых в пускатель ПМЛ-110004.
Электро-здвижки.

$$I_{нд} = 3,57 A$$

$$I_{сртр} = 1,1 \cdot I_{нд} = 1,1 \cdot 3,57 = 3,9 A \quad (141)$$

Выбираем тепловое реле РТЛ-100804

Выбор тепловых реле, встраиваемых в пускатель ПМЛ-710004
мостового крана.

$$I_{н,дв} = 195,8 A$$

$$I_{сртр} = 1,1 \cdot I_{н,дв} = 1,1 \cdot 195,8 = 215 A \quad (142)$$

Выбираем тепловое реле РТЛ-320004.

Выбор кабелей напряжением до 1000 В.

Выбор распределительной и магистральной сетей

При выборе сечения проводников в электрических сетях учитываются как рабочие, так и возможные аварийные режимы сетей.

Сечение проводов и кабелей напряжением до 1000В определяется по условию нагрева в зависимости от расчетного значения длительно допустимой токовой нагрузке при 25 0С. Основным показателем рабочего режима линий и других элементов сети является длительная или расчетная токовая нагрузка.

Выбор сечения проводников по расчетной токовой нагрузке заключается в соблюдении условия:

$$I_{доп.} \geq I_{длит.} \quad (143)$$

где $I_{доп.}$ – длительно допускаемый ток проводника, А;

$I_{длит.}$ – расчетная или длительная токовая нагрузка проводника, А.

После выбора сечения проводится его проверка на согласование с защищающим аппаратом.

$$I_{доп.} \geq K_3 \cdot I_3 \quad (144)$$

где I_3 – ток защиты автоматического выключателя, А;

K_3 – коэффициент защиты (для нормальной среды принимается равным 1).

Выбор кабелей распределительной сети

Выбор кабелей для питания маслонасосов.

$$I_{доп} = 19A \geq I_{нд} = 6,7A \quad (145)$$

$$I_{доп} = 19A \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 8 = 8 \quad (146)$$

Выбираем кабель АВВГ-1кВ(4х2,5)

Выбор кабелей для питания вытяжной вентиляции.

$$I_{доп} = 19A \geq I_{нд} = 8,6A \quad (147)$$

$$I_{доп} = 19A \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 10 = 10 A \quad (148)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(4х2,5)

Выбор кабелей для питания вспомогательных насосов.

$$I_{\text{доп}} = 60 \text{ A} \geq I_{\text{нд}} = 41,35 \text{ A}$$

$$I_{\text{доп}} = 60 \text{ A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 50 = 50 \text{ A} \quad (149)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(4х16)

Выбор кабелей для питания сварочных агрегатов.

$$I_{\text{доп}} = 90 \text{ A} \geq I_{\text{нд}} = 68,8 \text{ A}$$

$$I_{\text{доп}} = 90 \text{ A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 80 = 80 \text{ A} \quad (150)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(3х35+1х16)

Выбор кабелей для питания приточной вентиляции.

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ A} \geq I_{\text{нд}} = 15,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 16 = 16 \text{ A} \quad (151)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(4х2,5)

Выбор кабелей для питания мостового крана.

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ A} \geq I_{\text{нд}} = 195,8 \text{ A}$$

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 200 = 200 \text{ A} \quad (152)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(4х120)

Выбор кабелей для питания электро-здвижек.

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ A} \geq I_{\text{нд}} = 3,57 \text{ A}$$

$$I_{\text{доп}} = 19\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 4 = 4\text{A} \quad (153)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(4х2,5)

Выбор кабелей магистральной сети

Выбор кабеля для питания ЩСУ-1.

$$I_{\text{доп}} = 140\text{A} \geq I_{\text{нд}} = 109,11\text{A}$$

$$I_{\text{доп}} = 140\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 125 = 125\text{A} \quad (154)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(3х70+1х35)

Выбор кабеля для питания ЩСУ-2.

$$I_{\text{доп}} = 140\text{A} \geq I_{\text{нд}} = 109,11\text{A}$$

$$I_{\text{доп}} = 140\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 125 = 125\text{A} \quad (155)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(3х70+1х35)

Выбор кабеля для питания РП-1.

$$I_{\text{доп}} = 42\text{A} \geq I_{\text{нд}} = 37,95\text{A}$$

$$I_{\text{доп}} = 42\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 40 = 40\text{A} \quad (156)$$

Выбираем кабель АВВГ-1кВ(4х10)

Выбор кабеля для питания РП-2.

$$I_{\text{доп}} = 270\text{A} \geq I_{\text{нд}} = 248,67$$

$$I_{\text{доп}} = 270\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 250 = 250\text{A} \quad (157)$$

Выбираем кабель: 2хАВВГ-1кВ(4х185)

Выбор кабеля для питания ЦРО.

$$I_{\text{доп}} = 90\text{A} \geq I_{\text{н}} = 75,36\text{A}$$

$$I_{\text{доп}} = 90\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 80 = 80\text{A} \quad (158)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(3х35+1х25)

Выбор кабеля для питания ЩАО.

$$I_{\text{доп}} = 19\text{A} \geq I_{\text{н}} = 8,4\text{A}$$

$$I_{\text{доп}} = 19\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 8,4 = 8,4\text{A} \quad (159)$$

Выбираем кабель: АВВГ-1кВ(4х2,5)

Выбор кабеля для питания шин 0,4кВ.

$$I_{\text{доп}} = 2 \cdot 270 = 540\text{A} \geq I_{\text{н}} = 474,78\text{A} \quad (160)$$

$$I_{\text{доп}} = 540\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 500 = 500\text{A} \quad (161)$$

Выбираем кабель: 2хАВВГ1кВ(4х185)

Выбор кабелей для КУ.

$$I_{\text{доп}} = 140\text{A} \geq I_{\text{н}} = 105,6\text{A}$$

$$I_{\text{доп}} = 140\text{A} \geq k_3 \cdot I_3 = 1 \cdot 125 = 125 \text{ A} \quad (162)$$

Для данного сечения выбираем кабель: АВВГ (1кВ/3х70+1х35)

Выбор кабелей сводим в таблицу 8

Выбор кабеля для питания трансформаторов КТ

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{расч}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{312,12}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 9,02 \text{ A} \quad (163)$$

$$j_{\text{ЭК}} = 1,4 \text{ A/мм}^2,$$

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{м}}}{j_{\text{ЭК}}} \Rightarrow \frac{9,02}{1,4} = 6,44 \text{ мм}^2 \quad (164)$$

Выбираем кабель с учетом термической стойкости

ААШВУ-10 кВ(3х35)

$$I_{\text{доп.}} = 80\text{A}$$

Проверка:

Рабочий режим

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{расч}}$$

Таблица 8 – Сводная таблица выбора аппаратов и кабелей напряжением до 1000 В

Наименование	Рн	Ином А	Ипуск А	Автомат	Пускатель	Ин.п. А	Тепловое реле	Инесраб А	Марка кабеля	Ддоп А
Распределительная сеть										
Маслонасосы	3,0	6,7	40,20	ВА51Г258/(10In)	ПМЛ-110004	10	РТЛ-101204	5,5-8,0	АВВГ-1кВ(4x2,5)	19
Вытяжная вентиляция	4,0	8,6	60,30	ВА51Г2510/(10In)	ПМЛ-110004	10	РТЛ-101404	7,0-10	АВВГ-1кВ(4x2,5)	19
Вспомогательные насосы	22	41,35	268,80	ВА51Г3150/(14In)	ПМЛ-410004	63	РТЛ-205704	35-80	АВВГ-1кВ(4x16)	60
Приточная вентиляция	7,5	15,2	113,7	ВА51Г2516/(10In)	ПМЛ-210004	25	РТЛ-102104	13-19	АВВГ-1кВ(4x2,5)	19
Электро-задвижки	1,5	3,6	18	ВА51Г254/(10In)	ПМЛ-110004	10	РТЛ-100804	2,4-4,0	АВВГ-1кВ(4x2,5)	19
Сварочные агрегаты	55	64,67	64,67	ВА51Г3180/(14In)	ПМЛ-510004	80			АВВГ-1кВ(3x35+1x16)	90
Мостовой кран Q=30т	58	195,8	391,6	ВА51Г31200/(14In)	ПМЛ-710004	125	РТЛ-320004	150-200	АВВГ-1кВ(4x120)	200
Магистральная сеть										
ЩСУ-1	71,73	109,11	336,56	ВА51Г33125/(14In)					АВВГ-1кВ(3x70+1x35)	140
ЩСУ-2	71,73	109,11	336,56	ВА51Г33125/(14In)					АВВГ-1кВ(3x70+1x35)	140
РП-1	24,93	37,95		ВА51Г3140/(14In)					АВВГ-1кВ(4x10)	42
РП-2	163,47	248,67	444,47	ВА51Г35250/(10In)					АВВГ-1кВ(4x185)	270
ЩРО	28,64	75,36		ВА51Г3180/(14In)					АВВГ-1кВ(3x35+1x25)	90
ЩАО	3,2	8,4		ВА51Г2510/(10In)					АВВГ-1кВ(4x2,5)	19
Компенсирующее устройство		105,6		ВА51Г33125/(14In)					АВВГ-1кВ(3x70+1x35)	140
Ввод РУ-0,4кВ	312,12	474,78	617,2	ВА51Г39500/(10In)					2xАВВГ-1кВ(4x10)	540

$$80 \text{ A} > 9,02 \text{ A}$$

Аварийный режим

$$I_{доп} > 2 \cdot I_{расч} \quad (165)$$

$$80 \text{ A} \geq 2 \cdot 9,02 = 18,04 \text{ A} \quad (166)$$

Выбор кабеля для питания высоковольтных электродвигателей.

$$I_{н.д} = \frac{P_{н.}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{2000}{1,73 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,96} = 133,8 \text{ A.} \quad (167)$$

Выбираем кабель ААшВУ-10 кВ(3х120)

$j_{эк} = 1,4 \text{ A/мм}^2$, выбираем из таблицы для соответствующего времени и кабеля.

$$I_{эк} = \frac{I_{н.д.}}{I_{эк}} = \frac{133,8}{1,4} = 95,6 \text{ мм}^2 \quad (168)$$

где $I_{н.д.}$ – номинальный ток двигателя;

$I_{эк}$ – экономическое сечение кабеля;

$I_{эк}$ – экономическая плотность тока.

ААшВУ-10 кВ(3х120)

Проверяем выбранный кабель по условию нагрева.

$$I_{доп} > I_{н.д.}$$

$$185 \text{ A} \geq 133,8 \text{ A}$$

Кабель по условию нагрева проходит. Требования ПУЭ выполняются.

Выбор выключателей 110 кВ

Таблица 9 – Таблица проверки и выбора выключателя ВП-110-31,5/2000

Расчетные значения		Паспортные данные	
Значения	Величины	Значения	Величины
$U_{уст.}$	110 кВ	$U_{н.}$	110 кВ
$I_{длит}$	90,67 А	$I_{н.}$	2000 А
$I_{к.з}$	5,11 кА	$I_{н.отк}$	31,5 кА
Вк	6,3кА ² с	Вт	1984,5 кА ² с
$i_{уд}$	12,81 кА	$i_{дин}$	80 кА

Выбор разъединителей 110 кВ

Таблица 10 – Проверка и выбор разъединителя РНДЗ-2-110/1000У1

Расчетные значения		Паспортные данные	
Значение	Величина	Значение	Величина
$U_{уст.}$	110 кВ	$U_{н.}$	110 кВ
$I_{расч}$	90,67	$I_{н.}$	1000 А
Вк	6,3кА ² с	Вт	3969 кА ² с
$i_{уд}$	12,81 кА	$i_{дин}$	80 кА

Выбор трансформаторов тока 110кВ

Таблица 11 – Проверка и выбор трансформатора тока ТФЗМ-110Б-I-Y1

Расчетные значения		Паспортные данные	
Значения	Величины	Значения	Величины
$U_{уст.}$	110кВ	$U_{н.}$	110 кВ
$I_{расч.}$	90,67	$I_{н.}$	100 А
B_k	5,11 $кА^2с$	B_T	27 $кА^2с$
$i_{уд}$	12,81 кА	$i_{дин}$	20 кА

Выбор трансформатора напряжения 110кВНКФ-110-Y1 .

Паспортные данные:

$S_{H2} = 400$ ВА - номинальная мощность в классе точности 0,5;

$U_{H1} = 110000/\sqrt{3}$ В - номинальное напряжение первичной обмотки;

$U_{H2осн} = 100/\sqrt{3}$ В - номинальное напряжение основной вторичной обмотки;

$U_{H2доп} = 100$ В - номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки

Выбор типа ячеек РУ – 10 кВ

Выбираем тип ячейки КРУ - К-104М. [4].

Технические данные:

Номинальное напряжение – 10 кВ;

Номинальный ток главных цепей – 2000А;

Номинальный ток сборных шин – 2000А;

Тип применяемых выключателей – ВВЭ-М;

Выбор вакуумных выключателей 10 кВ

Таблица 12 – Выбор и проверка выключателя ВВЭ-10/630

Расчетные значения		Паспортные данные	
Значения	Величины	Значения	Величины
$U_{уст}$	10 кВ	U_n	10 кВ
$I_{hрасч}$	997,4 А	I_n	1000 А
Ikз	9,4 кА	$I_{н.отк}$	20 кА
B_k	9,61 кА ² с	B_T	1200 кА ² с
$i_{уд}$	14,38 кА	$i_{дин}$	81А

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При технико-экономических расчётах систем промышленного электроснабжения рассматриваем следующие условия некоторых вариантов:

Технические - при расчетах рассматривают только взаимозаменяемые варианты при оптимальных режимах работы и оптимальных параметрах, характеризующих каждый предложенный вариант;

Экономические - при расчётах применительно к идентичному уровню цен и одинаковой достижимости принятых уровней техники с учётом одних и тех же экономических показателей, характеризующих каждый анализируемый вариант.

Для соотношения возьмём два варианта, когда ГПП получает питание (см. рисунок2):

1 вариант – кабельная линия АОСБ 110 кВ;

2 вариант – кабельная линия ОСБ 110 кВ.

Исходные данные для технико-экономического расчёта: расчётная нагрузка завода из таблицы $\sum S_{\text{РАСЧ}} = 23742,2$ кВА. Расстояние до источников ТЭЦ-1,2 - 1,5 км; ТЭЦ-9 – 2,9 км.

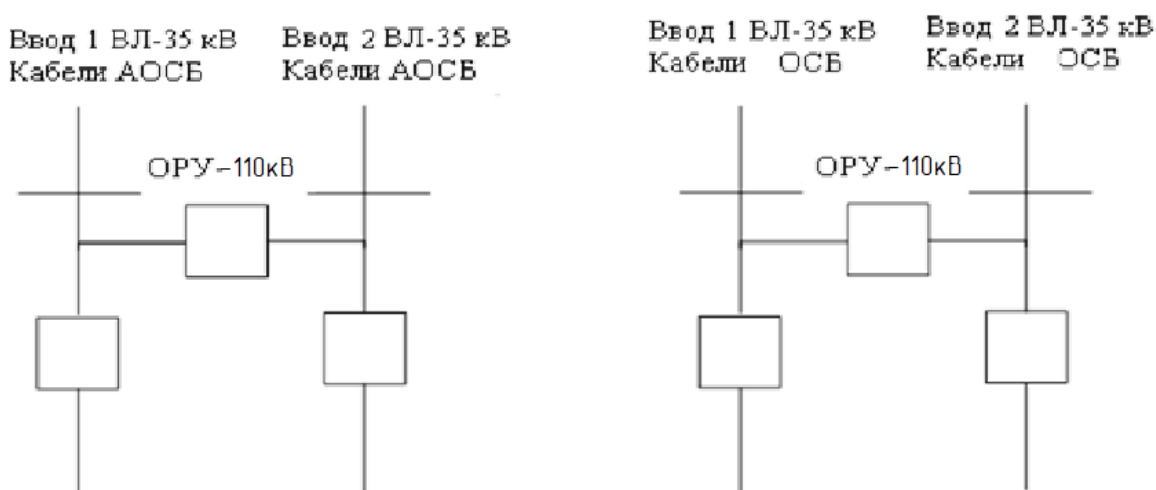


Рисунок 4 – Варианты внешнего электроснабжения

Определяем токи нормальных и аварийных режимов:

$$I_H = \frac{S_P}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{17255}{2 \cdot 35\sqrt{3}} = 143A, \quad (169)$$

$$I_A = \frac{S_P}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{17255}{35\sqrt{3}} = 286A \quad (170)$$

Определяем сечение проводов по экономической плотности тока:

- вариант I

$$S_{ЭI} = \frac{I_H}{j_{Э}} = \frac{143}{1.2} = 119\text{мм}^2; \quad (171)$$

- вариант II

$$S_{ЭII} = \frac{I_H}{j_{Э}} = \frac{143}{2} = 71,2\text{мм}^2, \quad (172)$$

где $j_{Э}$ – экономическая плотность тока, для алюминиевых кабелей 1,3, а для медных – 2.

Выбираем кабель марки 2×АОСБ (3×120) для первого варианта и ОСБ (3×120) для второго варианта.

Проверяем кабель по загрузке в аварийном режиме

- вариант I

$$I_A = 285 < I_{\text{доп}} = 2 \cdot 210 = 420A, \quad (173)$$

что соответствует условию проверки.

- вариант II

$$I_A = 285 > I_{\text{доп}} = 270A, \quad (174)$$

что не соответствует условию проверки. Принимаем линию из двух кабелей 2×ОСБ (3×120)

$$I_A = 285 > I_{\text{доп}} = 2 \cdot 270 = 540\text{А}, \quad (175)$$

что соответствует условию проверки.

Капитальные вложения в линию равны

$$K = K_{\text{ЛУ}} k_y (l_1 + l_2), \quad (176)$$

где $K_{\text{ЛУ}}$ - стоимость одного километра линии;

k_y - коэффициент удорожания, примем равным 52,4;

l_1 и l_2 - длина линий соответственно 1,4 и 2,8 км.

Капиталовложения по вариантам равны

- вариант 1

$$K_I = 15,3 \cdot 52,4 \cdot 2 \cdot (1,4 + 2,8) = 6907,75 \text{тыс. руб}; \quad (177)$$

- вариант 2

$$K_{II} = 17,7 \cdot 52,4 \cdot 2 \cdot (1,4 + 2,8) = 7991,65 \text{тыс. руб} \quad (178)$$

Ежегодные затраты на обслуживание и амортизационные отчисления на капитальный ремонт определяются по выражению.

$$I^{\text{кр.об}} = a^{\text{кр.об}} K, \quad (179)$$

где $a^{кр.об}$ – коэффициент отчислений на обслуживание и амортизационные отчисления на капитальный ремонт кабельных линий равный 2,4 %.

По вариантам затраты равны

- вариант 1

$$I_I^{кр.об} = 0,024 \cdot 6907,75 = 162,77 \text{ тыс. руб. /год}; \quad (180)$$

- вариант 2

$$I_{II}^{кр.об} = 0,024 \cdot 7991,65 = 193,9 \text{ тыс. руб. /год} \quad (181)$$

Амортизационные отчисления на модернизацию определяются по выражению

$$I^{рен} = a^{рен} K, \quad (182)$$

где $a^{рен}$ – коэффициент отчислений на реновацию 3 %.

По вариантам отчисления равны

- вариант 1

$$I_I^{рен} = 0,03 \cdot 6907,75 = 207,24 \text{ тыс. руб. /год}, \quad (183)$$

- вариант 2

$$I_{II}^{рен} = 0,03 \cdot 7991,65 = 239,7 \text{ тыс. руб. /год} \quad (184)$$

Определим сопротивления линий электропередачи при удельных сопротивлениях $r_{ЛУ I} = 0,261/2 = 0,1305 \text{ Ом/км}$, $r_{ЛУ II} = 0,153/2 = 0,077 \text{ Ом/км}$

- вариант 1

$$r_{ЛИ1} = r_{ЛУИ} l_1 = 0,1305 \cdot 1,5 = 0,19570 \text{ м}, \quad (185)$$

- вариант 2

$$r_{ЛИ1} = r_{ЛУИ} l_1 = 0,077 \cdot 1,5 = 0,11350 \text{ м}. \quad (186)$$

$$r_{ЛИ2} = r_{ЛУИ} l_2 = 0,077 \cdot 2,8 = 0,24560 \text{ м}. \quad (187)$$

Потери активной мощности в кабельных линиях

- вариант 1

$$\begin{aligned} \Delta P_I &= \left(\frac{S_P}{2U_H} \right)^2 (r_{ЛИ1} + r_{ЛИ2}) = \left(\frac{23742.2}{2 \cdot 35} \right)^2 (0,1958 + 0,3654) = \\ &= 64,56 \text{ кВт}, \end{aligned} \quad (188)$$

- вариант 2

$$\begin{aligned} \Delta P_{II} &= \left(\frac{S_P}{2U_H} \right)^2 (r_{ЛИ1} + r_{ЛИ2}) = \left(\frac{23742.2}{2 \cdot 35} \right)^2 (0,1155 + 0,2156) = \\ &= 38,09 \text{ кВт}, \end{aligned} \quad (189)$$

(170)

При числе использования максимальной нагрузки $T_{max}=7700$ ч. время наибольших потерь при стандартной характеристике составляет

$$\tau \left(\left(0,124 + \frac{T_{max}}{1000} \right)^2 \cdot \left(0,124 + \frac{7700}{10000} \right)^2 \right)_{max} \quad (190)$$

Годовые потери электроэнергии в кабельных линиях:

- вариант 1

$$\Delta \mathcal{E}_I = \Delta P_I \tau = 64,56 \cdot 7000 = 451784,53 \text{ кВтч/год}, \quad (191)$$

- вариант 2

$$\Delta \mathcal{E}_{II} = \Delta P_{II} \tau = 38,09 \cdot 7000 = 265661,07 \text{ кВтч/год}, \quad (192)$$

Определим стоимость 1 кВтч электроэнергии. Расчет за потребленную электроэнергию ведется по двухставочному тарифу

$$\begin{aligned} C_{\mathcal{E}} &= 12aP_{max} + bW_{\Gamma} = 12 \cdot 155111,96 \cdot 26,116 + 584,86 \cdot 182814,94 = \\ &= 155523 \text{ руб} \end{aligned} \quad (193)$$

где a - средневзвешенная нерегулируемая цена за мощность для покупателей ООО "Иркутскэнергосбыта", осуществляющих расчеты на розничном рынке по двухставочному тарифу, $a=155111,96$ руб/МВт на 2022г;

b – средневзвешенная нерегулируемая цена на электрическую энергию для покупателей ООО "Иркутскэнергосбыта", $b=584,86$ руб/МВтч на 2022г;

P_{max} - максимальная мощность, принимаем равной

$$P_{max} = 1,1 \cdot P_{расч} = 1,1 \cdot 23,742 = 26,123 \text{ кВт}; \quad (194)$$

$W_{\mathcal{E}}$ - ежегодное потребление электроэнергии

$$W_{\Gamma} = P_{расч} T_{max} = 23,742 \cdot 7700 = 182824 \text{ кВтч} \quad (195)$$

Стоимость 1 кВтч электроэнергии равна

$$C_0 = \frac{C_{\mathcal{E}}}{W_{\Gamma}} = \frac{155523123}{182824} = 849 \text{ руб/МВтч} = 0,8490 \text{ руб/кВтч} \quad (196)$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии

- вариант 1

$$C_{эI} = \Delta ЭI C_0 = 451984,56 \cdot 0,8490 = 383,5 \text{ тыс. руб. /год,} \quad (197)$$

- вариант 2

$$C_{эII} = \Delta ЭII C_0 = 266561,09 \cdot 0,8490 = 313,1 \text{ тыс. руб. /год} \quad (198)$$

Расчетные данные сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Техничко-экономические показатели сравниваемых вариантов

Показатели	Вариант I	Вариант II
1	2	3
Капиталовложения, тыс. руб.	6907,75	7991,65
Издержки по обслуживанию оборудования и амортизационные отчисления на капитальный ремонт, тыс. руб./год	162,771	193,9
Амортизационные издержки на реновацию, тыс. руб./год	207,24	239,7
Стоимость годовых потерь электроэнергии, тыс. руб./год	383,5	313,1

Расчет экономической эффективности производим в таблице 14

Таблица 14 – Оценка экономической эффективности

Показатель	Значение
1	2
Количество сэкономленной электроэнергии $\Delta W = \Delta W_I - \Delta W_{II}$, тыс. кВт·ч	185323573
Стоимость сэкономленной электроэнергии $C = (\Delta W_I - \Delta W_{II})C_{\Sigma}$, тыс.руб.	157,3
Капиталовложения $\Delta K = K_{II} - K_I$, тыс. руб.	1082,6
Ежегодные издержки на обслуживание и амортизационные отчисления на капитальный ремонт $\Delta I^{кр.об.} = I_{II}^{кр.об.} - I_I^{кр.об.}$, тыс.руб./год	26
Амортизационные отчисления на реновацию $\Delta I^{рен.} = I_{II}^{рен.} - I_I^{рен.}$, тыс.руб./год	32,6
Балансовая прибыль, $\Pi_6 = C - I^{кр.об.}$, тыс.руб./год	131,56
Налогооблагаемая прибыль $\Pi_{нал} = \Pi_6$, тыс.руб./год	131,9
Налог на прибыль (18 %), $H_{\Pi} = 0,18\Pi_6$, тыс.руб/год	23,72
Чистая прибыль $\Pi_ч = \Pi_6 - H_{\Pi}$, тыс.руб/год	109,71
Норма прибыли (рентабельность) $R_{\Pi} = (\Pi_ч + \Delta I^{рен.})/\Delta K$ руб/руб	0,2296
Срок окупаемости $T_{ок} = \Delta K/(\Pi_ч + \Delta I^{рен.})$, лет	7,62

Вывод: Доходность инвестиций составила 0,13 руб., срок окупаемости 8 лет, что не может удовлетворить инвестора. Принимаем первый вариант питания кабельными линиями 2×АПвПуг (3×120).

8 ЦИФРОВЫЕ И МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

8.1 Цифровая подстанция. Состояние и перспективы развития

Стабильное и бесперебойное электроснабжение необходимо как государственным и коммерческим организациям, так и обычным жителям. Неудобства и убытки, вызванные отключениями, перебоями и авариями на электросетях, могут быть значительными. И легче их предотвратить, чем потом устранять последствия.

Цифровизация затрагивает все аспекты электрических сетей: от учёта и мониторинга до автоматизации и полного контроля над всеми процессами. В последние несколько лет мы наблюдали за разными пилотными проектами в этой сфере.

Главным образом они были направлены на изучение финансового эффекта (возможной экономии) при внедрении цифровой трансформации на электросетях, а также рисков, связанных с инновациями и их поведением в краткосрочной перспективе. Отдельное внимание — изменениям внутренних процессов и правовому регулированию.

Что препятствует ускоренной цифровизации электросетей

Практика показала, что реализация крупных проектов по цифровой трансформации занимает значительно больше времени, чем ожидалось. Во-первых, их объём был сильно недооценён. Планировалось, что массовое тиражирование пройдёт уже после первых установок, но стало понятно, что технологически воплотить это намного сложнее.

Во-вторых, результаты (окупаемость инвестиций — ROI) в таких проектах чаще всего видны только после завершения процесса цифровой трансформации. При этом есть простые и надёжные варианты, которые порой недооценивают,

хотя именно они могут принести эффект быстрее. Подробнее о них расскажу во второй части статьи.

Более того, в ближайшие пять лет в связи с развитием технологий промышленного интернета вещей, искусственного интеллекта, Edge AI, блокчейна возникнут новые вызовы. Эти инновации предлагают новые услуги, которые могут сильно подорвать статус-кво. И это в то время, когда в энергетической сфере уже наблюдаются внутренние проблемы:

- снижение уровня энергопотребления, вызванных кризисом;
- децентрализация производства и потребления энергии в плане ориентации в сторону обеспечения сервисных проектов (центры обработки данных, электромобили), потребление энергии которых отличается от промышленных объектов;

правовые и рыночные изменения, вызванные внедрением и развитием на территории страны возобновляемых источников энергии.

Поэтому перед полномасштабной цифровизацией электрических сетей сначала важно восстановить равновесие внутри сектора.

Россия сегодня является одним из лидеров цифровой трансформации. Но всегда полезно изучать опыт других стран, где немного иная структура сети, источники и сами причины, вызвавшие стремительные темпы цифровизации электросетевого комплекса.

В Европе драйвером для преобразований стали стареющие сети и тотальное влияние возобновляемых источников энергии. Так, Великобритания, чтобы избежать полного коллапса в энергоснабжении, была вынуждена обеспечить трансформацию электросетей с помощью автоматической системы управления сетями во всех регионах страны и даже на межсетевых соединениях.

Что касается SLA в области электроэнергетики, то в России уже есть большой прогресс. Как сообщил министр энергетики РФ Александр Новак, внедрение инноваций в электросетевом комплексе позволило достичь

положительных результатов с точки зрения показателей надёжности: среднее по стране время обесточивания потребителей снизилось на 30 минут и составляет час.

Однако, в большей части России эта тенденция ухудшается из-за старения сети, нехватки финансирования и инвестиционных возможностей сетевых операторов и возобновляемых источников энергии.

8.2 Создание пилотной цифровой подстанции в России

В качестве примера эффекта от цифровизации электросетевого комплекса в регионах России пилотный проект АО «Янтарьэнерго» в Калининграде. Благодаря внедрённым инновациям им удалось рекордно повысить отслеживаемость, управляемость и, как следствие, эффективность работы электрических сетей, которые по основным параметрам превышают многие мировые аналоги.

В целом пилотные проекты по цифровой трансформации электрических сетей могут быть двух типов.

Одни могут быть направлены на увеличение контроля и автоматизации внутренней критической инфраструктуры с помощью высокоскоростных решений. Учитывая, что стоимость отключений критична, устранение этой проблемы положительно скажется на потребителях электроэнергии. Пример такого проекта — цифровые подстанции.

Другие могут быть направлены на повышение видимости данных по некритической инфраструктуре с использованием Lean-технологии (технологии с небольшим объёмом данных и чуть большей задержкой, но более простой и реалистичной). Стоимость автоматизации для некритической инфраструктуры не повлияет на рентабельность инвестиций, но даст необходимый минимум информации (состояние электричества, открытие дверей, температура, влажность, расход запчастей, ресурсы оборудования и т.п.).

Каждые в отдельности эти данные не имеют большой ценности, но, если их агрегировать на уровне сети (аккумулировать информацию с миллионов устройств), эти сведения помогут лучше управлять ею и выявлять факторы снижения затрат: от сокращения времени реакции в случае инцидента и затрат на техническое обслуживание до оптимизации планирования капитальных вложений для непрофильных видов деятельности и повышения пропускной способности. Например, технология LPWAN позволяет контролировать открытие/закрытие дверей, проводить различные измерения и т.п.

Такие простые преобразования, если они будут хорошо скоординированы между собой и будет правильно определена стоимость данных, могут принести российскому энергетическому сектору большую экономию. Однако, чтобы выбрать лучший вариант, придётся пойти на компромисс в разных вопросах. Например, будет ли идти речь о внутренних или облачных решениях, о небольших данных или данных, поступающих в режиме реального времени, и т.п.

В любом случае цифровые технологии в электросетевом комплексе, который обеспечивает государство, общество и бизнес важнейшим ресурсом, уже стали неотъемлемой составляющей и гарантом стабильного будущего.

9 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

9.1 Безопасность

Техника безопасности на химическом производстве – это перечень правил и требований, которые необходимо выполнять при работе на предприятии.

Во время производства должен быть исключен контакт работников с вредными химическими веществами, которые могут находиться в исходном сырье, готовом продукте или в после производственном мусоре. В настоящее время одни из лучших разработчиков оборудования предлагают химическим предприятиям свою продукцию: современные очистительные механизмы, устранители газов и испарений, а так же оборудование для отслеживания состояния окружающей среды, средства индивидуальной защиты, способы утилизации химических отходов.

Для того чтобы производственный процесс был менее опасным, необходимо в нужное время заменять устаревшее оборудование и устранять потенциально опасные процессы и операции, заменяя их менее рискованными. В наиболее опасных цехах должна быть установлена система дистанционного слежения за всеми процессами, помещения должны быть тщательно загерметизированы.

Работники химических заводов в обязательном порядке должны проходить перед началом работы специальное обучение основным правилам Т.Б.

На сегодняшний день практически на всех заводах сотрудники не имеют прямых контактов с вредными веществами, либо эти контакты сокращены до минимальных.

Особо опасные испытания и исследования должны проходить в закрытых камерах, а при не выполнении этих условий – отделяться от открытых рабочих

зон. Многие химические процессы были изменены, опасные элементы заменяют менее опасными токсичными веществами.

Микроклимат в производственных помещениях определяется температурой при относительной влажности воздуха, скоростью движения воздуха. Эти факторы оказывают существенное влияние на здоровье человека.

Одним из основных мероприятий в этом направлении является паспортизация санитарно-технического состояния условий труда на конкретных рабочих местах.

Измерение параметров микроклимата производится на основании следующих нормативных документов:

-ГОСТ 121.005-88 - Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зон [20].

-Руководство Р2.2.013-94 - Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса [21]

-Методические указания на методы определения вредных веществ в воздухе N 2348-81.

Для улучшения санитарно-технических условий и гигиены труда рабочих на выбранном объекте созданы санитарно-бытовые помещения: раздевалки, душевые, умывальные, туалеты, комнаты отдыха, помещения для сушки одежды и обуви, помещения для обогрева работающих и курительные.

Освещение на производстве.

Безопасность труда в значительной степени зависит от правильно организованного естественного и искусственного освещения.

Освещение в данном проекте выбрано согласно СНиП 11-А.8-72[22]. Проектом предусмотрено общее освещение всех помещений, ремонтное и аварийное там, где это необходимо по условиям эксплуатации.

Исполнение светильников в взрывозащищенном исполнении

Управление освещением - местное с помощью выключателей, устанавливаемых в помещениях с нормальной средой.

Наружное освещение предусматривается из расчета обеспечения освещенности наружного технологического оборудования 5 лк у главных проходов и проездов 0,5 лк.

Освещение территории ГКС выполняется прожекторами ПЗЛ-700 с лампами ДРИ 700 установленными на прожекторных мачтах-молниеотводах. Управление наружным освещением предусматривается автоматическое с помощью фотоавтоматов в зависимости от естественной освещенности и дистанционное из операторной.

Определим значение фактического светового потока $F_{факт}$

$$F_{факт} = E_{ср} \cdot S \quad (199)$$

Для определения фактического светового потока необходимо знать площадь помещения.

$$S = 863 \text{ м}^2$$

$$E_{ср} = 200$$

$$F_{фак} = 200 * 863 = 172,6 \text{ млк} \quad (200)$$

Оценка существующей системы искусственного освещения производится путем сравнения фактической освещенности (E_f) производственного помещения с нормативной освещенностью (E_n) [55], необходимой для выполнения зрительной работы в данном помещении. Для снижения уровня

шума и вибрации, согласно ГОСТ, на компрессорной станции используют помещения, изолированные звукопоглощающими материалами. Для обслуживания агрегатов используют средства защиты (антифоны, наушники и т.д.).

Санитарно-бытовые помещения и устройства.

Продолжительность пребывания работающих на компрессорной станции вызывает необходимость устройства санитарно-бытовых помещений.

В состав санитарно-бытовых помещений входят такие как:

-гардеробные, умывальные, душевые, комнаты приема пищи и другие

Вытяжную вентиляцию применяют для активного удаления воздуха, равномерно загрязненного по всему объему помещения, при малых концентрациях вредных веществ в воздухе и небольшой кратности воздухообмена.

Автоматизация производственных процессов.

Автоматизация производственных процессов на ГКС является решающим фактором в повышении производительности труда. Механизация освобождает рабочего от тяжелого физического труда при выполнении основных и вспомогательных операций.

Обеспечение прочности, герметичности и коррозионной стойкости оборудования.

Износ трубопроводов и арматуры, деталей обвязки на ГКС обусловлен воздействием механических нагрузок, температурными и атмосферными изменениями, коррозией - все это может иметь серьезные последствия, вплоть до аварий. Герметичность оборудования обеспечивается уплотняющими устройствами.

Обеспечение электробезопасности.

Проектом предусматриваются следующие мероприятия по электробезопасности:

Заземление металлических частей электрооборудования через контуры заземления.

Защита от статического электричества во взрыво и пожароопасных производствах путем заземления технологического оборудования.

Молниезащита взрывоопасных зданий и сооружений ГКС выполнена по 2 категории, пожароопасных зданий и наружных установок по 3 категории согласно РД 34.21.122-87[23].

Защита от электростатической индукции обеспечивается путем присоединения всего оборудования к защитному заземлению электрооборудования.

Защита от заноса высоких потенциалов выполняется путем присоединения на вводе в защищаемое здание или сооружение всех коммуникаций к контуру заземления.

Оборудование всех электроустановок комплектами изолирующих средств, индикаторами напряжения, переносными заземлениями, плакатами по технике безопасности.

Защитные устройства и знаки безопасности

На компрессорной станции используются следующие защитные устройства:

экраны;

предохранительные клапаны;

концевые выключатели;

механические и электрические блокировки

Также на ГКС применяются знаки безопасности и указатели:

запрещающие;

предписывающие;

указывающие;

предупреждающие.

9.2 Электробезопасность

Анализ электротравматизма в химической промышленности показывает, что значительное число электротравм обусловлено неблагоприятными факторами окружающей среды и в первую очередь химически активной средой, сыростью, запыленностью и высокой температурой.

Электробезопасностью называется система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электробезопасность должна обеспечиваться: выполнением требований (правил и норм) к конструкции и устройству электроустановок, установленных в стандартах системы безопасности труда, а также в стандартах и технических условиях на электротехнические изделия; высоким уровнем организации эксплуатации и ремонта электроустановок, использованием технических средств защиты; организационными и техническими мероприятиями

Порядок и условия производства работ.

Работы в действующих электроустановках должны проводиться по наряду-допуску, по распоряжению, по перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Не допускается самовольное проведение работ, а также расширение рабочих мест и объёма задания.

В электроустановках напряжением выше 1000 В при работе под напряжением необходимо:

- оградить расположенные вблизи рабочего места другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;

- работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре;

- применять изолированный инструмент (у отвёрток, кроме того, должен быть изолирован стержень), пользоваться диэлектрическими перчатками;

- не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а так же использовать ножовки, напильники, металлические метры и т. п.

Не допускается в электроустановках работать в согнутом положении, если при выпрямлении расстояние до токоведущих частей будет менее расстояния, указанного в таблице 1.1 ПОТРМ-16-2001

Не допускается при работе около не ограждённых токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или с двух боковых сторон.

Не допускается прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам, изолирующим частям оборудования, находящегося под напряжением.

Требования к персоналу.

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т. п.).

Проверка состояния здоровья работника проводится до приёма его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном Минздравом России. Совмещаемые профессии должны указываться администрацией организации в направлении на медицинский осмотр.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен пройти проверку знаний Правил ПОТРМ, ПУЭ и других нормативно-технических документов в

пределах требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности.

Персонал обязан соблюдать требования инструкций по охране труда, указания, полученные при инструктаже.

Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдаётся удостоверение установленной формы, в которое заносятся результаты проверки знаний.

Каждый работник, если он не может принять меры к устранению нарушений правил ПОТ РМ (Межотраслевые правила по охране труда), должен немедленно сообщить вышестоящему руководителю о всех замеченных им нарушениях и представляющих опасность для людей неисправностях электроустановок, машин, механизмов, приспособлений, инструмента, средств защиты и т. д.

9.3 Экологичность

Химическое производство включает в себя процессы, в которых невозможно полностью исключить при помощи различного рода организационно-технических мероприятий опасности возникновения аварий и производственных инцидентов, а также полностью избежать влияния на здоровье трудящихся вредных производственных факторов и создать безвредные условия труда. Очевидно, что возможно только уменьшить влияние этих факторов и снизить риск опасности возникновения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах.

Одной из наиболее актуальных проблем на сегодняшний день перед человечеством является задача сохранения экологии и безопасности жизнедеятельности человека в связи с интенсивным развитием промышленности. Основным законодательным актом Российской Федерации, регламентирующим деятельность производственных объектов, независимо от форм собственности и сферы деятельности является Федеральный Закон “О

промышленной безопасности”. На основании данного нормативного акта разработаны ряд поднормативных актов и положений применительно к различным отраслям и сферам деятельности. Основным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности является Государственный Горный Технический Надзор РФ, осуществляющий непрерывный контроль за соблюдением нормативно-правовой сферой деятельности подведомственных предприятий и других инспектирующих органов.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74[19] основными характерными опасными факторами для выбранного объекта являются следующие группы: физические и химические, которые могут привести работающих к травмам и профзаболеваниям.

Физические факторы: шум, вибрация, повышенная или пониженная влажность воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная температура поверхности оборудования, движущиеся машины и механизмы (кран-балки).

Шум и вибрация создается при работе компрессоров 7ВКГ 50/7 а так же при работе охладителей газа и масла (АВМ и АВГ).

Они также передаются при движении кран-балки, расположенной под перекрытием компрессорного цеха, по подкрановым путям.

Поверхность оборудования в результате работы нагревается, отсюда повышается температура окружающего воздуха в цехе.

На объекте в результате не плотностей газового оборудования или в результате аварийных ситуаций может возникнуть опасность загазованности, как компрессорного цеха, так и других помещений.

Все эти факторы оказывают большое влияние на здоровье, самочувствие и работоспособность человека.

Химические факторы: на выбранном объекте к химически вредным факторам относятся - природный и нефтяной газ, оказывающий удушающее

воздействие на организм человека; компрессорное масло, пары которого через дыхательные пути проникают в организм, оказывая канцерогенное воздействие.

Анализ возможности возникновения чрезвычайных ситуаций:

повышенная температура воздуха, оборудования и т.д.;

открытый огонь, искры;

ударная волна;

шаговое напряжение;

обрушение и повреждение оборудования, конструкций зданий, коммуникаций, установок.

Причиной пожаров и взрывов на выбранном объекте могут быть:

нарушение правил пожарной безопасности;

нарушение герметичности установленного оборудования и трубопроводов;

утечки газа;

разрывы трубопроводов;

пробои фланцевых соединений;

нарушение правил эксплуатации электроустановок.

Химический цех относится по классификации к производственным объектам повышенной опасности.

9.4 Пожарная безопасность

Опасность возникновения пожаров на предприятиях газовой промышленности определяется прежде всего физико-химическими свойствами природного газа, который при несоблюдении определенных требований безопасности воспламеняется, вызывает пожары и взрывы, влекущие за собой аварии. Степень пожарной опасности зависит также от особенностей технологического процесса производства. Для предприятий транспорта газа характерны наличия большого количества горючих газов в магистральных

газопроводах, высокое давление в трубопроводах, наличие большого количества ГСМ (турбинного масла).

Опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются открытый огонь и искры; повышенная температура предметов, воздуха и т.п.; токсичные продукты горения, дым; пониженная концентрация кислорода; обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок; взрыв.

Взрывоопасные концентрации природного газа образуются во время отключения трубопроводов, резервуаров и аппаратов, когда не полностью удаленный газ смешивается с поступающим воздухом.

Как показывают статистика и опыт эксплуатации, пожары на КС происходят в основном из-за воспламенения масла в компрессорных цехах при разрыве маслопроводов и попадания его на горячие поверхности газоперекачивающих агрегатов; разрушение обвязочных газопроводов компрессорных цехов, сопровождающихся воспламенением газа и других горючих веществ и материалов; попадания посторонних предметов в полость нагнетателя; проникновения газа к очагу пожара из-за неплотного закрытия кранов в технологической обвязке; нарушений требований действующих правил и инструкций во время проведения огневых и газоопасных работ, а также требований пожарной безопасности персоналом служб УМГ на территориях КС.

Пожары на газотранспортных объектах развиваются по следующей схеме: авария, утечка газа, образование облака взрывоопасной смеси, воспламенение ее от источника зажигания, горение газа, нагревание и разрушение технологического оборудования под воздействием пламени.

При авариях в помещениях, взрывоопасные концентрации газа возникают в первую очередь вблизи места утечки газа, а затем распространяются по всему помещению. На открытых площадках вблизи места утечки образуется зона загазованности, распространяющаяся по территории объекта. Величина ее при аварийном истечении газа зависит от многих факторов, главные из которых -

расход газа, форма и направление его струи, метеорологические условия, рельеф местности. Наибольшее влияние на величину зоны загазованности оказывает ветер.

При авариях, связанных с разрушением газопроводов, в атмосферу выбрасывается большое количество газа. При наличии пламени газовое облако воспламеняется. Возможные источники воспламенения - открытое пламя, электрические и механические искры, воспламенение пирофорных отложений, работающие двигатели внутреннего сгорания, разряды статического электричества, грозовые разряды. После сгорания газового облака горение локализуется в месте утечки газа.

Борьба с пожарами и мероприятия по их предупреждению могут быть эффективными только в том случае, когда противопожарные правила усвоены и повседневно соблюдаются всем персоналом предприятия.

Для установления и поддержания надлежащего режима эксплуатации все здания и сооружения на КС должны быть классифицированы по взрыво- и пожароопасности, о чем делается надпись на металлических знаках, укрепляемых на воротах, калитках и дверях всех зданий, помещений и объектов, находящихся в УМГ.

Согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) все производственные помещения и установки, в которых размещается электрооборудование, по степени взрыво- и пожароопасности КС относятся к категории А

Категория А - производства, связанные с получением, применением или хранением газов и паров с нижним пределом взрываемости до 10% (по объему), содержащихся в таких количествах, при которых возможно образование с воздухом взрывоопасных смесей; жидкостей с температурой вспышки паров 280 С и ниже; твердых веществ и жидкостей, воспламенение или взрыв которых может последовать при взаимодействии с водой или кислородом воздуха.

В каждом цехе, на складе и других объектах на основе действующих правил пожарной безопасности должны быть разработаны противопожарные инструкции с учетом специфики производства, а также оперативный план ликвидации пожара, и проводиться систематические тренировки персонала по тушению пожара. В инструкциях по пожарной безопасности следует предусматривать:

- требование пожарной безопасности при нахождении персонала на территории КС;

- места и порядок содержания средств пожаротушения, пожарной сигнализации и связи;

- порядок выполнения огневых и газоопасных работ на территории КС;

- требования к содержанию территории, дорог, подъездов к зданиям, сооружениям и водоисточникам;

- обязанности персонала цехов при возникновении пожара, правила вызова пожарной команды, остановки и отключения оборудования;

- порядок уборки и очистки мест от пролитых горючих жидкостей, сбора, хранения и удаления промасленных обтирочных материалов, хранения спецодежды;

- выполнение мероприятий, связанных с окончанием рабочего дня;

- места, где запрещено(разрешено) курение и применение открытого огня.

На КС должны иметься схемы пожарного водопровода с указанием мест установки пожарных гидрантов и кранов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) представляет собой решение инженерной задачи по расчету электрических нагрузок химического цеха ангарского электролизного химического комбината (АЭХК). ВКР состоит из пояснительной записки и графической части на 6 листах.

Пояснительная записка состоит из восьми разделов.

В первом разделе кратко описывается характеристика объекта электроснабжения и характеристика технологического оборудования химического цеха АЭХК.

Во втором разделе производится расчет электрических нагрузок в силовых питающих сетях на 0,6 кВ и 10 кВ КТП

В третьем разделе расчет электрических нагрузок и компенсация реактивной мощности в сетях 10 кВ и 110 кВ ГПП

В четвертом разделе производится расчет защитного оборудования химического цеха

В пятом разделе расчет токов короткого замыкания

В шестом разделе технико-экономические подсчеты

В седьмом разделе рассмотрены инновационные технологии в электроэнергетике. Появление новых международных стандартов и развитие современных информационных технологий открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления энергетическими объектами, позволяя создать подстанцию нового типа — цифровую подстанцию.

Восьмой раздел посвящен вопросам безопасности жизнедеятельности, охраны труда и техники безопасности: проводится анализ опасных и вредных производственных факторов; разрабатываются мероприятия по обеспечению

техники безопасности; рассмотрены основные положения пожарной безопасности в химическом производстве и электробезопасности.

Графическая часть содержит следующие чертежи:

1 лист. Генеральный план химического цеха

2 лист. План расположения оборудования цеха

3 лист. Схема внешнего электроснабжения

4 лист. Схема внутреннего электроснабжения

5 лист. Релейная защита высоковольтного двигателя

6 лист. Стабилизация давление в трубопроводе

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок : седьмое изд. с изменениями, исправлениями и дополнениями, принятыми Главгосэнергонадзором РФ с 1.12.1999 по 1.1.2007. - М.: ЭНАС, 2007. Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации, приказ от 8 июля 2002 г. № 204.
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - введ. 2014-07-01. - М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 2014. – 20 с.
3. ГОСТ 183-74 Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия. Взамен ГОСТ 183-66; введ. 1976-01-01. - М.: ПЕРЕИЗДАНИЕ (декабрь 1992 г.) с Изменениями 1, 2, утвержденными в январе 1981 г., в феврале 1982 г. (ИУС N 3-1981 г., ИУС N 5-1982 г.)..
4. Жохов Б.Д. заведующий лабораторией, канд. техн. Наук, Годгельф Л.Б. главный инженер проекта. Проектирование электроустановок руководящий технический материал указания по расчету электрических нагрузок ртм 36.18.32.4-92 Разработан ВНИПИ Тяжпромэлектропроект.: Введен взамен "Указаний по расчету электрических нагрузок", шифр М788-1068, 1990 г. Срок введение установлен с 01 января 1993 г
5. Алиев, И. И. Электротехника и электрооборудование : справ. / И. И. Алиев. – М. : Высш. шк., 2010. – 1199 с.
6. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] / Б. И. Кудрин. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
7. Штеймель А. Электротяга и энергоснабжение. Основы и практический опыт. Мюнхен: Oldenbourg Industrieverlag, 2008. 334 стр.
8. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования [Текст] /

Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М. : Энергоатомиздат, 1989.

9. Крюков, К.П. Конструкция и механический расчет линий электропередачи [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – Л. : Энергия, 1979.

10. Рекус, Г. Г. Электрооборудование производств : Справочное пособие [Текст] / Г. Г. Рекус – М. : Высшая школа, 2007.

11. Киреева, Э.А. Электроснабжение цехов промышленных предприятий [Текст] / Э. А. Киреева, В. В. Орлов, Л. Е. Старкова. – М. : НТФ "Энергопрогресс", 2004.

12. Федоров, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий : Учебник для вузов [Текст] / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – М. : Энергия, 1979.

13. Ополева, Г. Н. Электроснабжение : учебное пособие для курсового и дипломного проектирования [Текст] / Г. Н. Ополева. – М., 2008. – 328 с.

14. Оформление выпускных квалификационных работ. Метод., указания [Текст] /СТО СМК 4.2.3.21.2018–: Изд-во, 2018. – 75 с.

15. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое издание утв. приказом Минэнерго РФ от 8 июля 2002 г. N 204 – 330 с

16. Дьяков, В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию: Практ. пособие – 7-ое издание М. : Высш. шк., 1991. – 160 с.

17. Алиев, И. И. Электротехнический справочник – 5-е изд., стереотип. – М. : ИП Радиософт, 2010. – 384 с.

18. Киреева, Э. А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений [Текст] : учеб. пособие / Э. А. Киреева. – Москва : КноРус, 2015. – 233 с.

19. Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов. : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – 9-е изд., испр. – М. : Издательский центр "Академия", 2013. – 320 с.

20. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособие. / Г. Н. Ополева – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 480 с.
21. Рожин, А.Н. Учебное пособие: Системы электроснабжения. Киров 2004г.
22. Файбисович, Д.Л., Укрупненные стоимостные показатели электрических сетей 35 -1150 кВ. – М.: НТФ «Энергопрогресс» / Д. Л. Файбисович, И. Г. Карапетян, Г. Н. Ополева. – Схемы и ПС электроснабжения Москва, 2006. – 120 с.
23. Шеховцов, В.П. “Расчет и проектирование схем электроснабжения.” / В. П. Шеховцов – “М.Форум-Инфа-М”, 2005. – 214 с.
24. "Средства коллективной и индивидуальной защиты работающих с химическими вредными веществами", МУ 2.2.8.000-94.
25. "Основные правила безопасной работы в химической лаборатории", Минхимпром СССР, ВПИИТБХП, Москва, 27.07.77. Федерации от 03.06.95 N 558.
26. Радкевич В. Н. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие - 2-е изд., исправленное / В. Н. Радкевич, В. Б. Козловская, И. В. Колосова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 589 с.
27. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кудрин. – Москва : Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
28. Князевский Б.А. Электроснабжение промышленных предприятий. / Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин. – Москва : Высшая школа, 1986. – 400 с.
29. Макаревич Л. В. Высоковольтное электротехническое оборудование для развития «интеллектуальной» Единой энергосистемы России — Круглый стол «Умные сети — Умная энергетика — Умная

экономика», Петербургский международный экономический форум, 17 июня 2010 г

30. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Определение наведенных напряжений при примыкании непараллельных линий электропередач друг к другу // Энергетика и техника. Том. 49, № 4. 2015. С. 304-309.