

ВВЕДЕНИЕ

Данный дипломный проект состоит из двух частей: основной – «Исследование схемы электроснабжения отбельного цеха» и специальной части проекта «Релейная защита и автоматика токопровода ШП-3».

Актуальность проведения исследования, главным образом, связана с реконструкцией блока реле, а именно установкой на токопровод ШП-3 более надежной дифференциальной защиты.

С учетом планируемой реконструкции, необходимо произвести расчет в виде локальной сметы на замену масляных выключателей на более надежные вакуумные токопровода ШП-3.

В первой части исследование схемы электроснабжения отбельного цеха проведено на базе исходных данных о процессе отбели и установленной мощности потребителей электроэнергии отбельного цеха.

Далее, на основании полученных данных произведено предварительное исследование на предмет соответствия токовой нагрузки и рабочего напряжения к номинальным параметрам установленного электрооборудования.

Для окончательной проверки электрооборудования произведен расчет токов короткого замыкания по всей системе электроснабжения. Данный расчет необходим так же для последующей отстройки устройств релейной защиты и автоматики.

На основании рассчитанных значений токов коротких замыканий будет произведена окончательная проверка установленного электрооборудования на шинах отбельного цеха на термическое и динамическое действие токов к.з.

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Технологическая схема производства и описание технологического процесса первого потока

Целью отбелки является повышение степени белизны, завершение делигнификации целлюлозы, начатой при варке, придание беленой целлюлозе определенных физико-химических свойств в соответствии с ее целевым назначением.

При отбелке целлюлозы для бумажного производства основная задача – получение высокой белизны с одновременным сохранением механических показателей и бумагообразующих свойств целлюлозы при наименьших затратах белящих реагентов, пара, воды, электроэнергии.

Основными показателями, определяющими пригодность целлюлозы к химической переработке, являются содержание альфа-целлюлозы, реакционная способность, вязкость, содержание смол и жиров, железа, кремния, кальция, белизны и т.д. Процесс получения целлюлозы с необходимыми показателями начинается с варки. В процессе отбелки эти показатели доводят до значений, обусловленных дальнейшей переработкой целлюлозы.

Процесс производится в семь ступеней с промежуточной промывкой на вакуум-фильтрах фирмы «Вяртсиля».

В цехе имеются два технологических потока с однотипным оборудованием. Поток включает следующие ступени отбелки:

1. Хлорирование с добавкой двуокиси хлора;
2. Щелочение с кислородом (окислительное щелочение);
3. Гипохлоритная отбелка;
4. Отбелка двуокисью хлора, I ступень;
5. Щелочение, II ступень;
6. Отбелка двуокисью хлора, II ступень;

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

7. Кисловка.

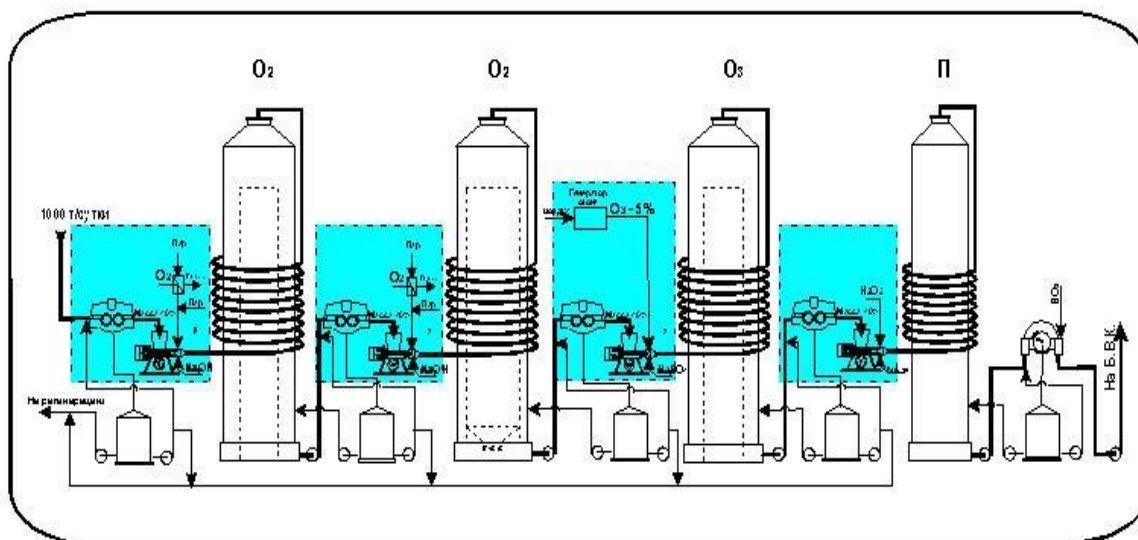


Рис.1.1. Фрагмент схемы потока отбелного цеха

1.1.1. Хлорирование

Из массного бассейна целлюлоза с массовой долей волокна 2,5-3,5% насосом подается через регулятор концентрации и статический смеситель вниз башни хлорирования. Двуокись хлора вводится через штуцер в трубопровод перед смесителем. Объемный расход двуокиси хлора контролируется магнитным расходомером. Газообразный хлор подается в смеситель через эжектор хлора. Массовый расход хлора на процесс контролируется ротаметром. Движение массы в башне снизу вверх.

В процессе хлорирования лигнин переводится в растворимое состояние и в дальнейшем, при промывке и щелочной обработке, выводится из целлюлозного волокна. При хлорировании преобладают два типа реакций:

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	

$RH + Cl_2 \rightarrow RCl + HCl$ – реакция замещения водорода хлором в ароматическом кольце лигнина или боковой цепи. Реакция протекает очень быстро, завершается в течение 5-10 минут. На эту реакцию расходуется более 50% хлора и она является определяющей в растворении лигнина;

$RH + Cl_2 + H_2O \rightarrow ROH + 2HCl$ – реакция окисления, при которой происходит расщепление простых эфирных связей между структурными единицами лигнина в молекуле лигнина с образованием низкомолекулярных фрагментов, растворимых в воде и щелочных растворах.

При хлорировании, в результате окислительного воздействия хлорноватистой кислоты, происходит частичная деструкция целлюлозы. Добавка небольшого количества двуокиси хлора сохраняет прочностные свойства целлюлозы, повышает конечную белизну целлюлозы и ее стабильность, снижает содержание смолы в готовой продукции, повышает динамическую вязкость раствора целлюлозы.

Условия хлорирования:

- время обработки, мин.....50-60;
- массовая доля целлюлозы, %.....2,5-3,5;
- концентрация ионов водорода, ед.рН.....1,8-3,5;
- температура, °С.....8-30;

Из верхней части башни масса загружается в карман, где разбавляется свежей фильтрованной водой или оборотной водой из башни (оборотная вода с вакуум-фильтров №2, 3, 4, 5 и 8) до массовой доли волокна (1,0-1,5%) и насосом подается для промывки в вакуум-фильтр №1. При производстве целлюлозы для химической переработке - разбавление в кармане башни производится только свежей фильтрованной водой. В карман башни хлорирования подается сернистая кислота для связывания остаточного хлора.

Промывка целлюлозной папки на вакуум-фильтре №1 производится оборотной водой из бака фильтрата и горячей водой при производстве

целлюлозы для бумаг, для химпереработки – только горячей водой. Фильтрат от вакуум-фильтра №1 направляется в коллектор щелокостока.

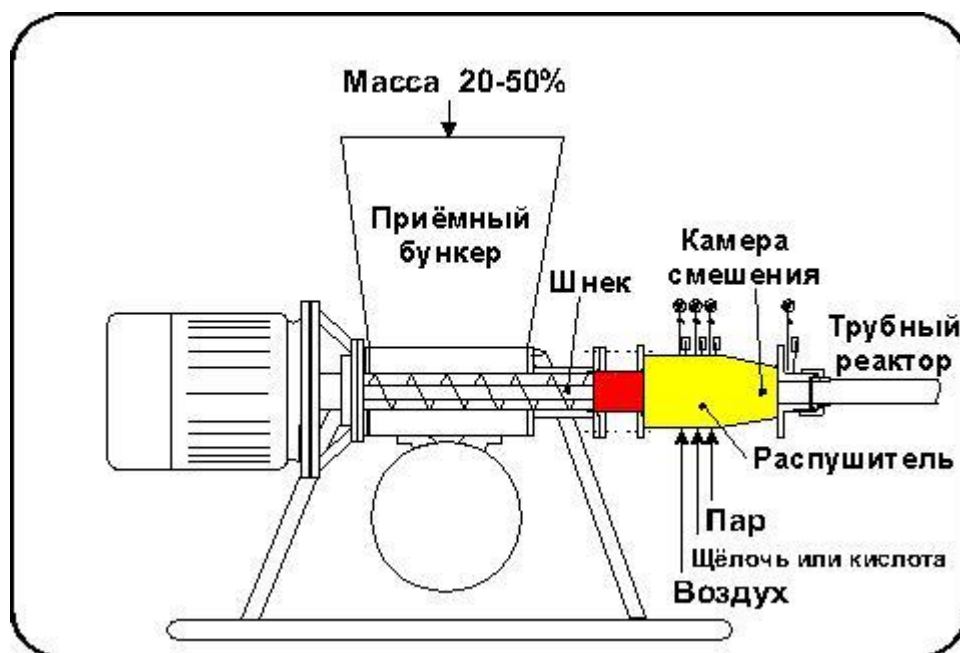


Рис.1.2. Массный насос смеситель

1.1.2. Щелочение с кислородом

На сходящую массную папку с вакуум-фильтра №1 с массовой долей (9-11)% через спрыски дозируется раствор натра едкого массовой концентрацией $190-210 \text{ г/дм}^3$, объемный расход которого контролируется расходомером. На спрыски вакуум-фильтра №1 предусмотрена подача гипохлорита натрия, который используется по необходимости. Далее масса шнеком разрыхляется и направляется в двухвальный паровой смеситель, где подогревается паром и насосом средней концентрации типа «МС» через смеситель кислорода подается в нижнюю часть башни щелочения .

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	

Газообразный кислород подается через патрубок в смеситель химикатов. Давление кислорода на входе в смеситель 0,6-0,8 МПа (6,0-8,0 кгс/см²). Кислород поступает с азотно-кислородной станции хлорного завода. В смесителе кислорода масса дополнительно нагревается.

В процессе щелочной обработки хлорлигнин переводится в растворимое состояние, значительно снижается содержание смолы и жиров в целлюлозе, повышается ее прочность и конечная белизна. В присутствии кислорода достигается более глубокая делигнификация и более высокая белизна целлюлозы, что позволяет снизить расход химикатов на следующих ступенях отбелки.

Условия окислительного щелочения:

- время отбелки, мин.....120-150;
- массовая доля волокна, %.....8,5-11,0;
- концентрация ионов:
 1. водорода, ед.рН.....10-12;
 2. температура, °С.....70-80.

Движение массы в башне снизу-вверх. В верхней части башни масса скребковым устройством разгружается в карман башни, где разбавляется оборотной водой из бака до массовой доли волокна (1,0 – 1,5) % и насосом подается для промывки на вакуум-фильтр № 2. Промывка массы производится сначала горячей, а затем холодной водой (для снижения температуры массы перед гипохлоритной отбелкой).

Фильтрат от вакуум-фильтра № 2 собирается в бак № 2, откуда используется для промывки массы на вакуум-фильтре № 1 при производстве целлюлозы для бумаг, разбавления массы в кармане башни щелочения и в шахту насоса высокой концентрации «МС» перед башней гипохлоритной отбелки. В бак для подпитки автоматически подается холодно-фильтрованная вода. Избыток фильтрата из бака направляется в башню избыточного фильтрата.

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			12

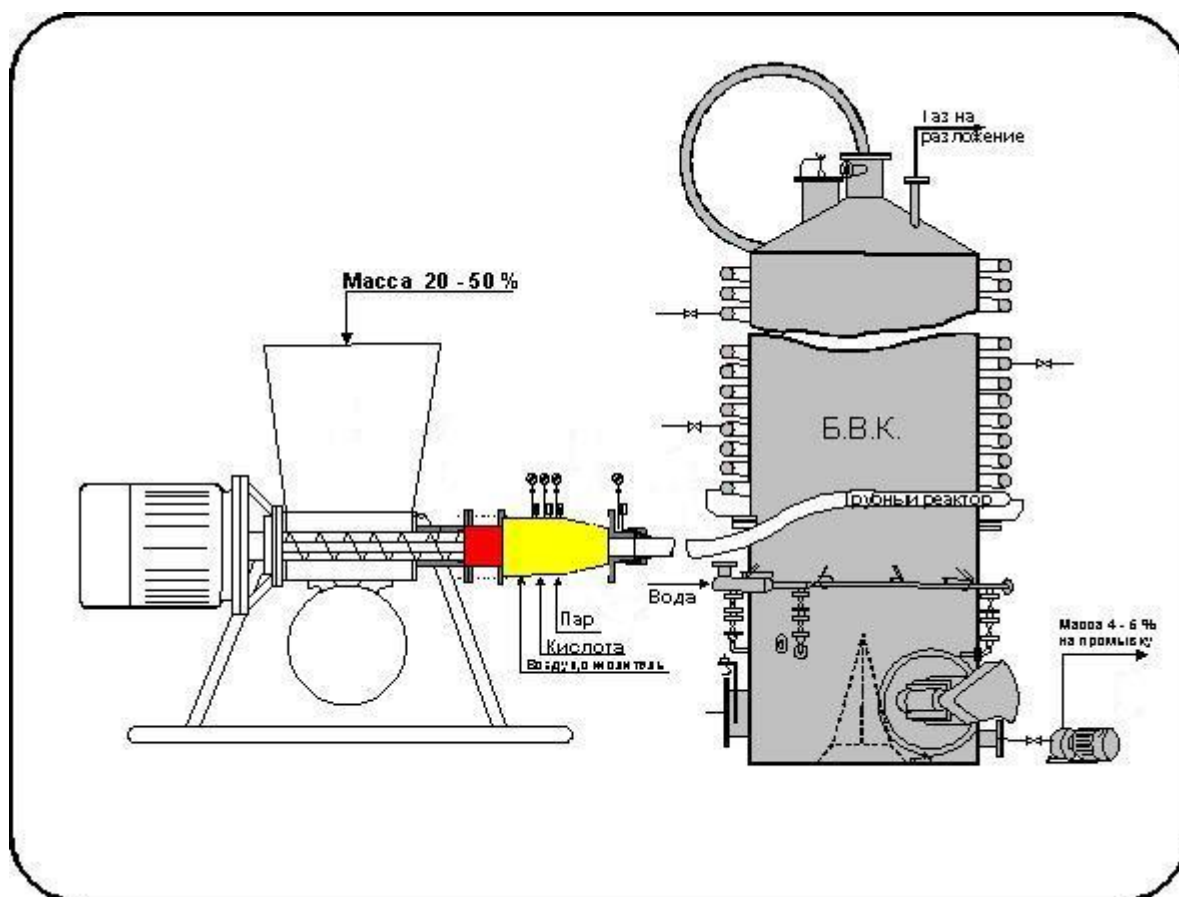


Рис.1.3. Принципиальная схема процесса отбелки

1.1.3. Гипохлоритная отбелка

На папку, сходящую с вакуум-фильтра №2 с массовой долей целлюлозы (9-11)% подаются натр едкий и гипохлорит натрия. Объемные расходы химикатов контролируются магнитными расходомерами. Далее масса шнеком разрыхляется и транспортируется в двухвальный паровой смеситель, где паром подогревается и по трубопроводу направляется в шахту насоса «МС». Насосом «МС» масса подается вниз башни гипохлоритной отбелки.

Гипохлоритная отбелка проводится с целью повышения белизны целлюлозы и снижения сорности, а также для доведения вязкости целлюлозы

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	

13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ

Лист

13

до нужного уровня в случае производства целлюлозы для химической переработки.

При отбелке гипохлоритом натрия происходят две основные конкурирующие реакции:

- окисление лигнина и прочих окрашенных веществ;
- окисление целлюлозы и гемицеллюлоз.

Сначала происходит окисление лигнина с одновременным разрушением низкомолекулярных фракций гемицеллюлоз. После того, как лигнин переходит в раствор и его защитное действие прекращается, начинается растворение устойчивых гемицеллюлоз, связанных с целлюлозой, сопровождающееся деструкцией волокна. Поэтому при гиперхлоритной отбелке необходимо строгое соблюдение параметров технологического процесса:

Условия гипохлоритной отбелки:

- Время отбелки, мин.....120-150;
- Массовая доля волокна, %.....9-11%;
- Концентрация ионов:
водорода, ед. рН.....9,5-11,0;
температура, °С.....40-50.

Движение массы в башне снизу-вверх. В верхней части башни масса скребковым устройством разгружается в карман, где разбавляется оборотной водой от вакуум-фильтра №3 до массовой доли волокна (1,0-1,5)%. Разгрузочным насосом масса подается для промывки на вакуум – фильтр №3. Промывка целлюлозы производится горячей водой. Избыток фильтрата с вакуум-фильтра №3 поступает в башню избыточного фильтрата.

1.1.4. Отбелка двуокисью хлора, I ступень

Промытая и сгущенная до массовой доли волокна (9-11)% масса после вакуум-фильтра №3 проходит двухвальный паровой смеситель, где

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

нагревается паром и поступает в шахту насоса типа «МС». Насосом «МС» через смеситель химикатов масса подается в нижнюю часть башни отбели двуокисью хлора. Раствор двуокиси хлора подается в смеситель химикатов. На II потоке в смеситель химикатов предусмотрена подача концентрированной серной кислоты для регулирования концентрации ионов рН на ступени отбели двуокисью хлора.

На вакуум-фильтр №3 по проекту предусмотрена подача натра едкого, который используется в случае необходимости.

Обработка целлюлозного волокна двуокисью хлора повышает белизну целлюлозы, ее химическую чистоту. Двуокись хлора является самым эффективным отбеливающим реагентом, способным обеспечить целлюлозе максимально возможную белизну при хорошей стабильности цвета и сохранении прочности волокна. При отбелке целлюлозы двуокисью хлора происходит окисление и хлорирование лигнина, который превращается в водорастворимые соединения. Также под действием двуокиси хлора окисляются компоненты смолы, превращаясь в бесцветные вещества, которые частично растворяются в воде, а частично остаются в волокне. В то же время, двуокись хлора оказывает на целлюлозу сравнительно небольшое действие.

Условия отбели двуокисью хлора:

- Время отбели, мин.....150;
- Массовая доля волокна, %.....9-11;
- Концентрация ионов:
 - водорода, ед. рН.....3,5-5,5;
 - температура, °С.....70-80.

Движение массы в башне снизу-вверх. В верхней части башни масса скребковым устройством разгружается в карман, где разбавляется оборотной водой от вакуум-фильтра №4. В карман башни дозируется сернистая кислота для связывания остатков двуокиси хлора. Разгрузочным насосом с массовой

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

долей волокна (1,0-1,5)% масса подается для промывки на вакуум-фильтр №4. Промывка целлюлозы на фильтре производится горячей водой. Избыток фильтрата с вакуум-фильтра №4 поступает в башню избыточного фильтрата.

1.1.5. Щелочение, II ступень

На папку сходящую с вакуум-фильтра №4 с массовой долей волокна (9-11)% подается натр едкий, объемный расход которого контролируется магнитным расходомером. На вакуум-фильтр №4 предусмотрена подача гипохлорита натрия для регулировки вязкости целлюлозы, в случае отбели целлюлозы для химической переработки. Далее масса шнеком разрыхляется и транспортируется в двухвальный паровой смеситель, где подогревается паром и насосом подается вниз башни щелочения.

Условия щелочения:

- Время отбели, мин.....120-150;
- Массовая доля волокна, %.....9-11;
- Концентрация ионов:
 - водорода, ед. рН.....9,0-11,0;
 - температура, °С.....70-80.

В верхней части башни масса скребковым устройством разгружается в карман, где разбавляется оборотной водой от вакуум-фильтра ;5 до массовой доли волокна (1,0-1,5)%. Разгрузочным насосом масса подается для промывки на вакуум-фильтр ;5. Промывка целлюлозы на фильтре осуществляется горячей водой. Избыток фильтрата с вакуум-фильтра №5 поступает в башню избыточного фильтрата.

Башня щелочения в случае необходимости может использоваться для отбели двуокисью хлора. В нее предусмотрены подача двуокиси хлора и сернистой кислоты в карман башни для гашения остатков.

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			16

1.1.6. Отбелка двуокисью хлора, II ступень

Промытая и сгущенная до массовой доли волокна (9-11)% папка целлюлозы разрыхляется шнеком и поступает в двухвальный паровой смеситель химикатов подается в нижнюю часть башни двуокиси хлора. Раствор двуокиси хлора подается в смеситель химикатов.

Условия отбелки:

- Время отбелки, мин.....150;

- Массовая доля волокна, %.....8,6-11;

- Концентрация ионов:

водорода, ед. рН.....4,5-6,6;

температура, °С.....70-80.

В верхней части башни масса скребковым устройством разгружается в карман, где разбавляется оборотной водой из бака фильтрата подаваемой насосом. В карман башни подается раствор сернистой кислоты. Разгрузочным насосом целлюлоза с массовой долей волокна (3-4)% подается в башню кисловки.

1.1.7. Кисловка

В процессе кисловки происходит нейтрализация остатков отбеливающих реагентов, удаление окрашенных продуктов, что повышает конечную белизну целлюлозы и ее стабильность. Кисловка при отбелке целлюлозы для химической переработки снижает зольность, кроме того она способствует уменьшению содержания в целлюлозе железа и марганца. В данном случае процесс кисловки осуществляется более интенсивно (удельный расход сернистой кислоты не более 10 кг/т целлюлозы).

Условия кисловки:

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

- Время отбелки, мин.....60;

- Концентрация ионов:

водорода, ед. рН.....2,5-3,5.

Движение массы в башне снизу-вверх. В верхней части башни масса разбавляется оборотной водой из бака фильтрата, подаваемой насосом и с массовой долей волокна (1,0-1,5)% подается для промывки на вакуум-фильтр №8. Промывка целлюлозы предназначенной для производства целлюлозы для бумаг, производится холодно-фильтрованной водой, для химической переработки – ионированной водой. Фильтрат с вакуум-фильтра №8 собирается в баке, откуда используется для разбавления в карман башен отбелки двуокисью хлора II ступени и кисловки. Избыток фильтрата направляется в башню.

Промытая и сгущенная на вакуум-фильтре №8 до массовой доли волокна (7-10)% масса насосом «МС» подается в башни хранения, откуда поступает в очистной отдел сушильного цеха. Башня хранения общая на два потока. В шнековую ванну вакуум-фильтра №8 дозируется сернистая кислота.

В нижней части башни хранения масса разбавляется оборотной водой с сушильного цеха до массовой доли волокна (2-3)% и насосами подается в очистной отдел сушильного цеха.

Разбавленная масса в башнях хранения при необходимости может производиться холодно-фильтрованной или ионированной водой.

1.1.8. Обеззараживание газовых выбросов

Для снижения газовых выбросов в атмосферу в цехе установлено четыре газопромывные колонки, по две на каждый поток; ГПК 1 и ГПК 2 на первом потоке, ГПК 3 и ГПК 4 – на втором потоке.

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

На ГПК 1 и ГПК 3 подаются газовые выбросы с башен хлорирования, щелочения I и II ступеней, гипохлоритной двуокиси хлора I ступени, вакуум-фильтров №1, 2, 3, 4, 5, бака оборотной воды.

Газы с баков химикатов двуокиси хлора и сернистой кислоты подаются на ГПК-4.

Газопромывная колонка представляет собой цилиндр, в верхней части которого расположены два кольцевых sprays, каждый из которых состоит из 8 форсунок, нижние направлены – вверх, верхние – вниз. Для поглощения газов на кольцевые sprays подается холодно-фильтрованная вода, объемный расход которой контролируется расходомером.

Агрессивные газы поступают через патрубок в нижнюю часть колонки, поднимаясь вверх, абсорбируются орошаемой водой.

Их верхней части колонки не абсорбированные газы вентилятором выбрасываются в атмосферу.

Сточная вода, содержащая абсорбированные газы с газопромывных колонок сбрасывается: с ГПК 1 и ГПК 3 в переливную трубу фильтратного бака.

Коэффициент очистки с газопромывных колонок по:

- Хлору.....70-80%;
- Двуокиси хлора.....70-90%;
- Сернистому ангидриду.....70-78%.

1.2. Внешняя схема электроснабжения

Особенностью внешней схемы электроснабжения является технология производства, требующей размещения в одном здании (ЦП-1) сразу трех цехов: варочного, отбельного и сушильного представляющих собой технологическую ступень первого потока.

Электроснабжение ЦП-1 осуществляется от двух комплектных токопроводов ШРЗ и ШР4 номинальным напряжением 6 кВ. В качестве материала для токоведущих шин приняты трубы диаметром 210 и 140 мм из алюминиевого сплава АДЗІ-ТІ [2].

По концам токопровода и на участках предусмотрена установка стационарных заземляющих разъединителей, блокируемых простыми замками.

В качестве магистрали заземления используется арматура железобетонных конструкций и металлоконструкций галерей. Для этого все металлоконструкции или выпуски арматуры соединены стальными накладками сечением 40х4 мм для создания непрерывной магистрали заземления. Каждая стойка опоры галереи имеет свой заземлитель (по два электрода из прутковой стали диаметром 12 мм и длиной 5 м ввинчиваемых в грунт).

Подсоединению к магистрали заземления подлежат все изоляторы на которых подвешен токопровод, опорные изоляторы на проходах, все секции сетчатого ограждения прохода обслуживания. Изоляторы междофазных изолирующих распорок не заземлены.

Защита галереи токопроводов от прямых ударов молний осуществляется на всех открытых участках отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, стоящими либо на зданиях, либо на земле. На участке перехода ТЭС-2 – ТЭС-3 используются защитные свойства дымовых труб ТЭС-2, ТЭС-3 ТЭЦ-6.

Каждый отдельно стоящий молниеотвод, установленный на земле имеет отдельный заземляющий контур, не связанный с контурами заземления токопроводов и других объектов и отстоящий от них не менее чем на 5-6 метров, заглубленный на 7 метров в землю.

Общее сопротивление заземления каждого молниеотвода составляет около 10 Ом.

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

Электроснабжение токопроводов ШП 3,4 осуществляется от шин генераторного напряжения ТЭЦ-6, которая непосредственно располагается на территории комплекса БЛПК.

Параллельно с ТЭЦ токопроводы имеют подпитку от ТЭС-2 и ТЭС-3.

Общая длина токопровода до здания ЦП-1 составляет 634 м. Общая длина токопровода составляет порядка 746 м.

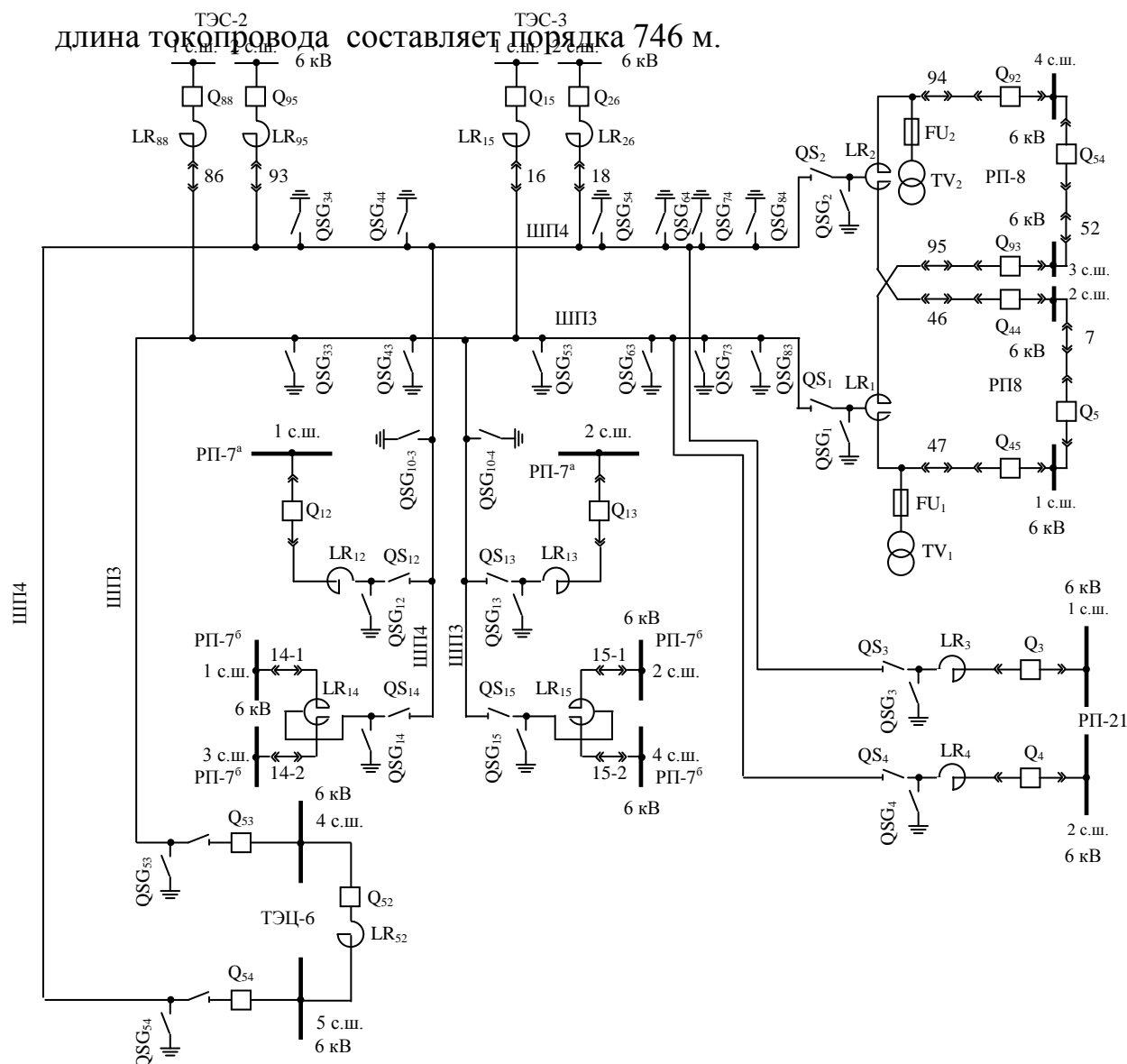


Рис.1.4. Линейная схема токопроводов ШП 3,4

Обозначения распределительных пунктов исследуемого участка, представленного на рис.1.4., соответствуют нижеследующим объектам:

- РП-7^а – Варочный цех;

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	

- РП-7^б – Сушильный и Отбельный цеха;
- РП-21 – ПТИ;
- РП-8 – ДПЦ-2;
- ТЭС-2, 3 – Тепло-электро станция.

1.3. Климатическая характеристика

Братск- молодой город среднего Приангарья, центр интенсивно развивающегося Братско-Усть-Илимского территориально-производственного комплекса. В районе Братска Ангара прорезает Ангарский кряж, протянувшийся с юго-запада на северо-восток. Ангарский кряж образован системой гряд, плато, массивов, сложенных, как правило, сибирскими траппами (магматические кристаллические породы). Понижения между ними заполнены осадочными породами. Наиболее распространенными основаниями в районе города являются красноцветные аргиллиты и алевролиты братской свиты верхнего ордовика (Центральный район) и переслаивающиеся песчаники разного состава и сложения мамырской свиты среднего ордовика (Падунский район). На склонах залегают тяжелые делювиально-элювиальные суглинки повышенной мощности от 5 до 15 метров. На этих основаниях формируются красно-бурые тяжело- или среднесуглинистые почвы мощностью до 17-25см. Удельное электрическое сопротивление грунтов в пределах города не превышает 100 Ом/м. Климат в районе города резкоконтинентальный, с суровой продолжительной, но сухой зимой и теплым, с обильными осадками летом. В холодный период года над большей частью Восточной Сибири устанавливается область высокого давления воздуха – сибирский антициклон. Поэтому здесь преобладает малооблачная погода со слабыми ветрами и малым количеством осадков, и получают широкое развитие

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			22

процессы выхолаживания. Последние в сочетании с особенностями рельефа обуславливают весьма низкие температуры зимы. В теплом полугодии в результате оживленной циклонической деятельности заметно возрастает степень покрытия неба облаками. В этот период года выпадает до 65-85% годовой суммы осадков, которая составляет около 300 мм в год. Самым холодным месяцем является январь, самым теплым – июль. Абсолютная минимальная температура –58°С, максимальная +35°С; среднегодовая многолетняя температура – 2,6 °С. Переходные сезоны довольно кратковременны. Если зима продолжается примерно 5 месяцев со среднемесячной температурой - 15°С, то весна 2-2,5, а осень 1,5 месяца. В зимние месяцы преобладают ветры западного направления с повторяемостью 26,7%. Часто наблюдается штиль. Скорость ветра не превышает обычно 5 м/с. Повторяемость ветра скоростью более 15 м/с менее 1%. Весной увеличивается повторяемость южных и юго-западных ветров при сохранении преобладающего западного ветра. При прохождении холодных фронтов ветра юго-западного направления нередко достигают скорости 16-20 м/с, при ветре западного направления возможна скорость до 25 м/с. Летом при преобладающем (15,3%) западном направлении повторяемость остальных направлений ветра почти равномерна. Скорость ветра всех направлений невелика (1-5 м/с). Повторяемость ветра 6-10м/с не превышает 1,3%. Осенью вновь увеличивается повторяемость западных ветров, но усиление ветра до 20 м/с и более отмечается лишь при юго-западном направлении. Город Братск относится ко II ветровому району. Температура почвы может достигать следующих значений: минимум наблюдается в январе (-23 °С), а максимум в июле (+23 °С). В отдельные дни мая-августа поверхность почвы может нагреваться до +51-59 °С, а в зимние ясные ночи охлаждаться до -50 °С. Устойчивое промерзание почвы начинается в конце октября. Глубина промерзания почвы в среднем достигает 1,5 метра, а как максимум 2,1 метра. В Братске грозы наблюдаются в период с мая по сентябрь в основном при

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			23

прохождении фронтов, несколько реже – в местных воздушных массах. Очень редко – один раз в 10 лет грозы могут отмечаться в апреле и октябре. Наиболее активный в грозовом отношении июль. В июле может наблюдаться от 2 до 16 дней с грозой. Среднегодовая продолжительность гроз составляет от 20 до 40 часов. Условия для образования гололеда на территории Братска в большую часть года отсутствуют. Он отмечается не ежегодно и лишь в октябре-ноябре. Наиболее частым явлением в Братске наблюдается кристаллическая изморозь на ветвях деревьев, проводов и т.п. в среднем за год насчитывается 42 дня с изморозью. В отдельные годы число дней колеблется от 19 до 65. Наблюдается изморозь с октября по апрель, единичные случаи отмечены в сентябре и мае.

Важной характеристикой гололеда и изморози является продолжительность периода общего обледенения проводов. Наибольшая продолжительность обледенения проводов приходится на кристаллическую изморозь. В Братске в среднем за год бывает около 492 часов с изморозью. Основными условиями образования кристаллической изморози является наличие тумана, дымки и низких температур (от -10 °С до -30 °С). Братск относится к I району по гололеду с максимальной толщиной стенки гололеда на проводах 5мм.

					13.03.02-ЭП-05-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ документа	Подпись			

2. АНАЛИЗ НАГРУЗОК ОТБЕЛЬНОГО и СУШИЛЬНОГО ЦЕХОВ

2.1. Расчетные данные по нагрузкам отбельного цеха.

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{\cos\varphi}, \quad (1)$$

где S_{\max} , P_{\max} – максимальная полная и активная мощности;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

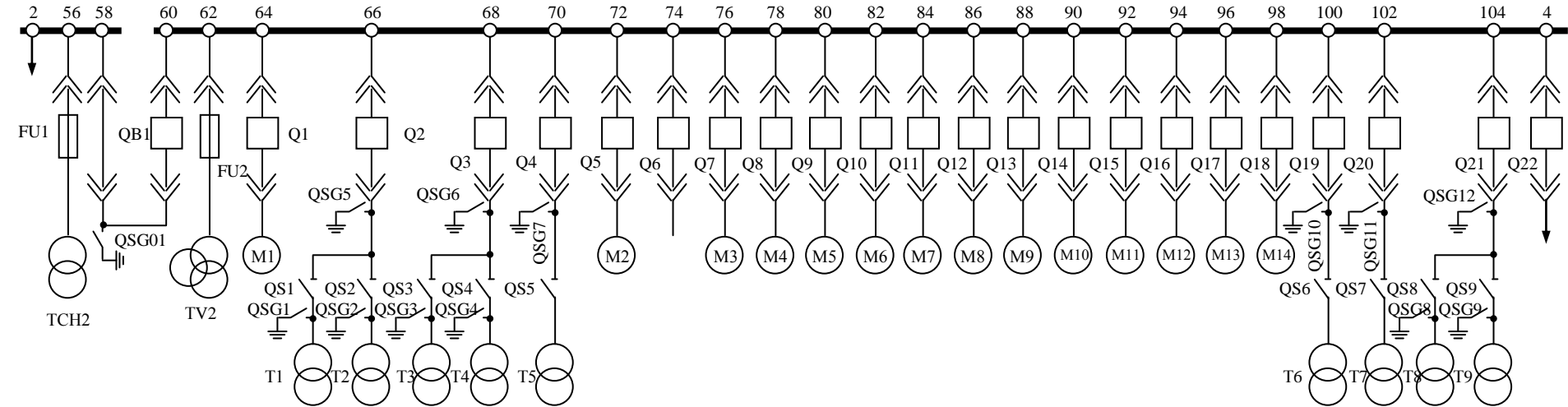
$$Q_{\max} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{\max}^2}, \quad (2)$$

где Q_{\max} – максимальная реактивная мощность.

Таблица 2.1

Нагрузки II с.ш. 6,3 кВ

№ п/п	Наименование	Коэф. мощн.	Максимальная нагрузка		
			P, кВт	Q, кВАр	S, КВА
II с.ш.					
1.	Н-39 (СДН-15-46-12/привод)	0,91	1600	728,98	1758,24
2.	ТП-76	0,85	850	526,78	1000
3.	ТП-74	0,85	850	526,78	1000
4.	ТП-66	0,85	850	526,78	1000
5.	ТП-72	0,85	850	526,78	1000
6.	ТП-73	0,85	850	526,78	1000
7.	G-19 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
8.	G-24 (А-13-62-10/насос)	0,81	320	231,67	395,06
9.	F-236 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
10.	P-3 (АТД-650/насос)	0,895	650	324,05	726,3
11.	P-2 (СДН-15-49-10/привод)	0,85	1550	960,61	1823,53
12.	F-34 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
13.	F-92 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
14.	F-23 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
15.	F-91 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
16.	F-13 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
17.	F-84 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
18.	F-114	0,81	315	228,06	388,89
19.	F-237	0,81	315	228,06	388,89
20.	ТП-77	0,85	850	526,78	1000
22.	ТП-70	0,85	850	526,78	1000
23.	ТП-68	0,85	850	526,78	1000
24.	ТП-64	0,85	850	526,78	1000
	Итого:	-	14920	9266,93	17592,03



LR ₁₅	к реактору	2
2 кВА	TCH-2	56
	ПП-2	58
2750 А	Ввод 2	60
	ТН-2	62
СД 1600 кВт	Н-39	64
ТП-76(1000 кВА)	Т1	-
ТП-74(1000 кВА)	Т2	66
ТП-66(1000 кВА)	Т3	-
ТП-72(1000 кВА)	Т4	68
ТП-73(1000 кВА)	Т5	70
АД 315 кВт	Г-19	72
резерв	резерв	74
АД 320 кВт	Г-24	76
АД 315 кВт	Ф-236	78
АД 650 кВт	Р-3	80
СД 1550 кВт	Р-2	82
АД 315 кВт	Ф-34	84
АД 315 кВт	Ф-92	86
АД 315 кВт	Ф-23	88
АД 315 кВт	Ф-91	90
АД 315 кВт	Ф-13	92
АД 315 кВт	Ф-84	94
АД 315 кВт	Ф-114	96
АД 315 кВт	Ф-237	98
ТП-77 (1000 кВА)	Т6	100
ТП-70 (1000 кВА)	Т7	102
ТП-68 (1000 кВА)	Т8	-
ТП-64 (1000 кВА)	Т9	104
Сушильного цеха	к I с.ш.	4

Рис.2.1. Принципиальная схема электроснабжения II с.ш. отбельного цеха

Учитывая специфику производства, примем коэффициент разновременности максимумов нагрузки $k_{\text{рм}}$ [3] равным 0,95. На основании рекомендаций [4] примем нагрузку собственных нужд II с.ш. отбелного цеха равной 10% от максимальной расчетной нагрузки с учетом резервирования смежных шин.

Тогда, расчетная нагрузка II с.ш. составит:

$$P_{\text{max, II с.ш.}} = P_{\text{расч}} \cdot 0,95 + P_{\text{расч}} \cdot 0,1$$

$$P_{\text{max, II с.ш.}} = 14920 \cdot 0,95 + 14920 \cdot 0,1 = 15666 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{max, II с.ш.}} = Q_{\text{расч}} \cdot 0,95 + Q_{\text{расч}} \cdot 0,1$$

$$Q_{\text{max, II с.ш.}} = 9266,93 \cdot 0,95 + 9266,93 \cdot 0,1 = 9730,3 \text{ кВар};$$

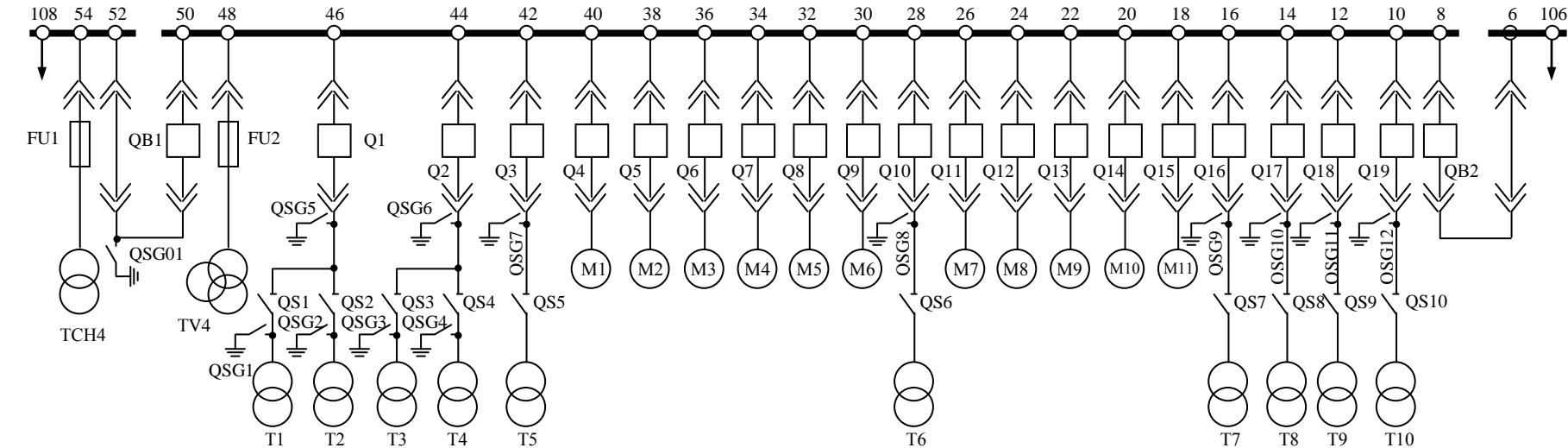
$$S_{\text{max, II с.ш.}} = \sqrt{P_{\text{max, II с.ш.}}^2 + Q_{\text{max, II с.ш.}}^2}$$

$$S_{\text{max, II с.ш.}} = \sqrt{15666^2 + 9730,3^2} = 16715,66 \text{ кВА}$$

Таблица 2.2

Нагрузки IV с.ш. 6,3 кВ

№ п/п	Наименование	Коэф. мощн.	Максимальная нагрузка		
			P, кВт	Q, кВАр	S, КВА
IV с.ш.					
1.	ТП-154	0,85	1360	842,85	1600
2.	ТП-74	0,85	850	526,78	1000
3.	ТП-76	0,85	850	526,78	1000
4.	ТП-78	0,85	850	526,78	1000
5.	H40 (СДН-17-41-26/привод)	0,846	1200	756,29	1418,44
6.	H54 (А-13-62-18/насос)	0,81	320	231,67	395,06
7.	G18 (А-13-62-18/насос)	0,81	320	231,67	395,06
8.	P6 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
9.	F69 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
10.	ТП-75	0,85	850	526,78	1000
11.	F68 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
12.	F95 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
13.	F56 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
14.	F94 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
15.	F46 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
16.	F93 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
17.	ТП-77	0,85	850	526,78	1000
18.	ТП-72	0,85	850	526,78	1000
19.	ТП-66	0,85	850	526,78	1000
20.	ТП-68	0,85	850	526,78	1000
21.	ТП-70	0,85	850	526,78	1000
	Итого:	-	13370	8627,98	15919,68



LR ₁₅	к реактору	108
2 кВА	ТЧН-4	54
	ШП-4	52
2750 А	Ввод-4	50
	ТН-4	48
ТП-70(1000 кВА)	Т1	-
ТП-68(1000 кВА)	Т2	46
ТП-66(1000 кВА)	Т3	-
ТП-72(1000 кВА)	Т4	44
ТП-77(1000 кВА)	Т5	42
АД 315 кВт	Ф93	40
АД 315 кВт	Ф46	38
АД 315 кВт	Ф94	36
АД 315 кВт	Ф56	34
АД 315 кВт	Ф95	32
АД 315 кВт	Ф68	30
ТП-75(1000 кВА)	Т6	28
АД 315 кВт	Ф69	26
АД 315 кВт	Р6	24
АД 315 кВт	Г18	22
АД 320 кВт	Н54	20
СД 1200 кВт	Н40	18
ТП-78(1000 кВА)	Т7	16
ТП-76(1000 кВА)	Т8	14
ТП-74(1000 кВА)	Т9	12
ТП-154(1600 кВА)	Т10	10
1700 А	СМВ	8
	СР	6
Сушильного цеха	к Пс.ш.	106

Рис.2.2. Принципиальная схема электроснабжения IV с.ш.

Учитывая специфику производства, примем коэффициент разновременности максимумов нагрузки k_{pm} [3] равным 0,95. На основании рекомендаций [4] примем нагрузку собственных нужд IV с.ш. отбельного цеха равной 10% от максимальной расчетной нагрузки с учетом резервирования смежных шин.

Тогда, расчетная нагрузка IV с.ш. составит:

$$P_{\max, IVc.ш.} = P_{расч} \cdot 0,95 + P_{расч} \cdot 0,1$$

$$P_{\max, IVc.ш.} = 13370 \cdot 0,95 + 13370 \cdot 0,1 = 14038,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{\max, IVc.ш.} = Q_{расч} \cdot 0,95 + Q_{расч} \cdot 0,1$$

$$Q_{\max, IVc.ш.} = 8627,98 \cdot 0,95 + 8627,98 \cdot 0,1 = 9059,38 \text{ кВар};$$

$$S_{\max, IVc.ш.} = \sqrt{P_{\max, IVc.ш.}^2 + Q_{\max, IVc.ш.}^2}$$

$$S_{\max, IVc.ш.} = \sqrt{14038,5^2 + 9059,38^2} = 16715,66 \text{ кВА}$$

2.2. Расчетные данные по нагрузкам сушильного цеха

Таблица 2.3

Нагрузки I с.ш. 6,3 кВ

№ п/п	Наименование	Коэф. мощн.	Максимальная нагрузка		
			P, кВт	Q, кВАр	S, КВА
I с.ш.					
1.	ТП-63	0,85	850	526,78	1000
2.	ТП-67	0,85	850	526,78	1000
3.	ТП-69	0,85	850	526,78	1000
4.	В-136 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
5.	В-101 ^а (А-13-62-18/насос)	0,81	320	231,67	395,06
6.	ТП-65	0,85	850	526,78	1000
7.	ТП-71	0,85	850	526,78	1000
8.	Д-39 (СДН-17-41-26/привод)	0,846	1200	756,29	1418,44
	Итого:	-	6085	3849,92	7202,39

Учитывая специфику производства, примем коэффициент разновременности максимумов нагрузки k_{pm} [3] равным 0,95. На основании рекомендаций [4] примем нагрузку собственных нужд I с.ш.

сушильного цеха равной 10% от максимальной расчетной нагрузки с учетом резервирования смежных шин.

Тогда, расчетная нагрузка I с.ш. составит:

$$P_{\max, I.c.ш.} = P_{расч} \cdot 0,95 + P_{расч} \cdot 0,1$$

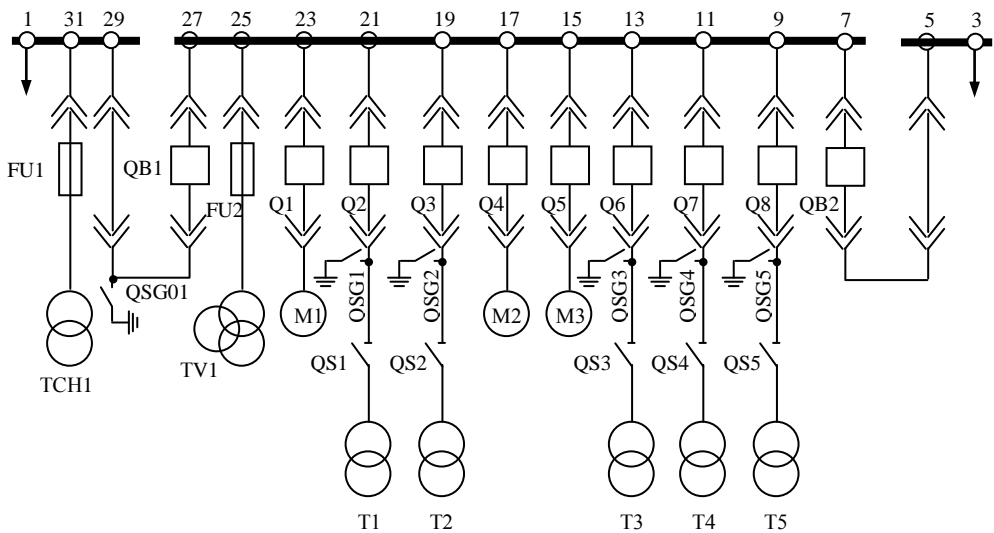
$$P_{\max, I.c.ш.} = 6085 \cdot 0,95 + 6085 \cdot 0,1 = 6389,25 \text{ кВт};$$

$$Q_{\max, I.c.ш.} = Q_{расч} \cdot 0,95 + Q_{расч} \cdot 0,1$$

$$Q_{\max, I.c.ш.} = 3849,92 \cdot 0,95 + 3849,92 \cdot 0,1 = 4042,42 \text{ кВар};$$

$$S_{\max, I.c.ш.} = \sqrt{P_{\max, I.c.ш.}^2 + Q_{\max, I.c.ш.}^2}$$

$$S_{\max, I.c.ш.} = \sqrt{6389,25^2 + 4042,42^2} = 7562,51 \text{ кВА}$$



1	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3
к реактору	ТЧН-1	ШП-1	Ввод-1	ТН-1	Д-39	Т1	Т2	В-101 ^а	В-136	Т3	Т4	Т5	СМВ	СР	к Пс.ш.
LR ₁₄	2 кВА		2750 А		СД 1200 кВт	ТП-71(1000 кВА)	ТП-66(1000 кВА)	АД 320 кВт	АД 315 кВт	ТП-69(1000 кВА)	ТП-67(1000 кВА)	ТП-63(1000 кВА)	1700 А		Отбельного цеха

Рис.2.3. Принципиальная схема электроснабжения I с.ш.

№ п/п	Наименование	Коэф. мощн.	Максимальная нагрузка		
			Р, кВт	Q, кВАp	S, КВА
III с.ш.					
1.	ТП-64	0,85	850	526,78	1000
2.	ТП-79	0,85	212,5	131,7	250
3.	ТП-69	0,85	850	526,78	1000
4.	ТП-71	0,85	850	526,78	1000
5.	ТП-65	0,85	850	526,78	1000
6.	ТП-67	0,85	850	526,78	1000
7.	Н-52 (А-12-57-11/насос)	0,81	250	181	308,64
8.	Н-37 (А-13-62-12/насос)	0,81	315	228,06	388,89
9.	ТП-154	0,85	1360	842,85	1600
10.	ТП-63	0,85	850	526,78	1000
11.	Д-47 (СД-13-52-12А)	0,829	320	204,94	380
12.	ТП-75	0,85	850	526,78	1000
13.	ТП-73	0,85	850	526,78	1000
	Итого:	-	9257,5	5802,79	10927,53

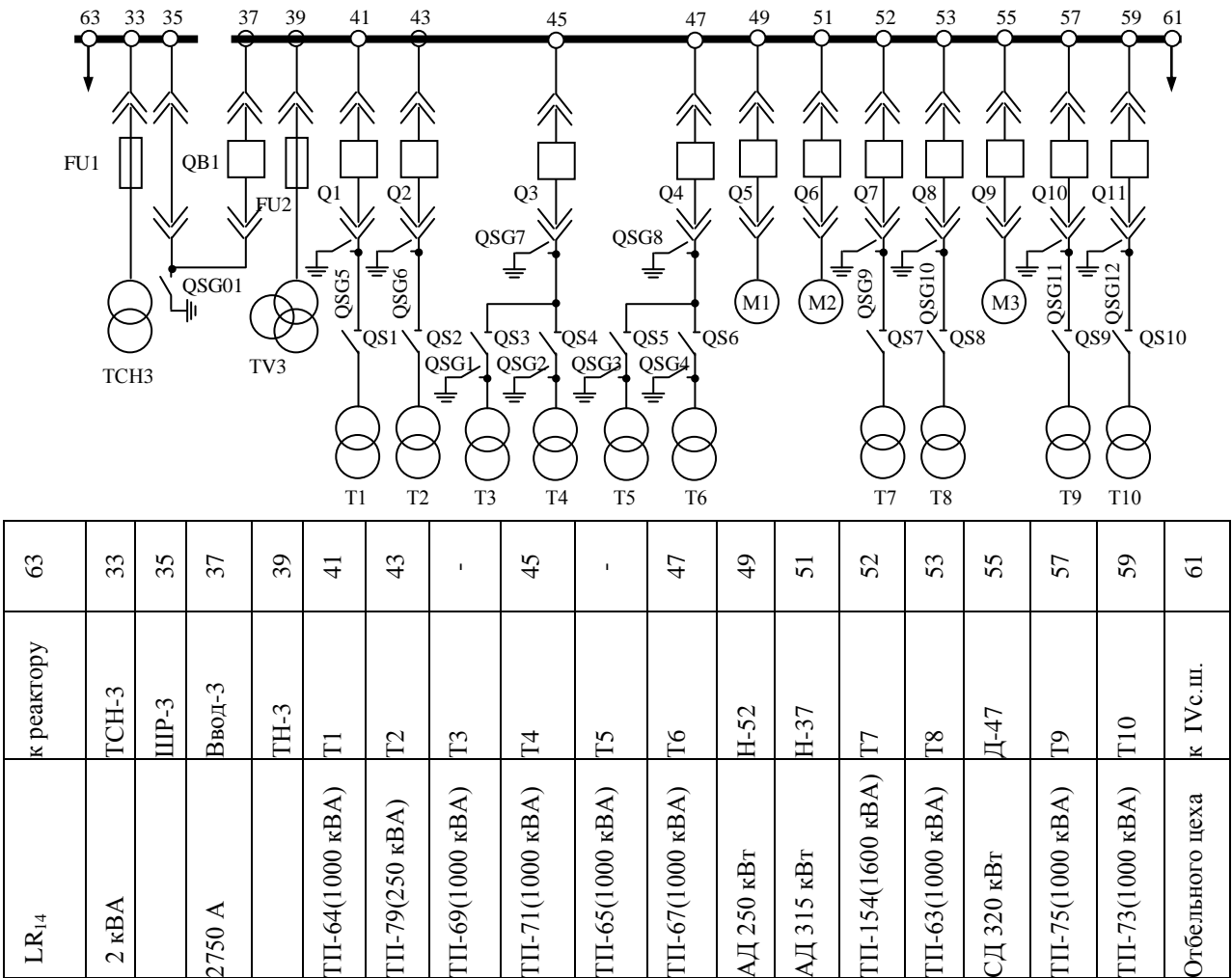


Рис. 2.4. Принципиальная схема электроснабжения III с.ш.

Учитывая специфику производства, примем коэффициент
разновременности максимумов нагрузки k_{pm} [3] равным 0,95. На
основании рекомендаций [4] примем нагрузку собственных нужд III с.ш.
сушильного цеха равной 10% от максимальной расчетной нагрузки с
учетом резервирования смежных шин.

Тогда, расчетная нагрузка III с.ш. составит:

$$P_{\max, III с.ш.} = P_{расч} \cdot 0,95 + P_{расч} \cdot 0,1$$

$$P_{\max, III с.ш.} = 9257,5 \cdot 0,95 + 9257,5 \cdot 0,1 = 9720,375 \text{ кВт};$$

$$Q_{\max, III с.ш.} = Q_{расч} \cdot 0,95 + Q_{расч} \cdot 0,1$$

$$Q_{\max, III с.ш.} = 5802,79 \cdot 0,95 + 5802,79 \cdot 0,1 = 6092,93 \text{ кВар};$$

$$S_{\max, III с.ш.} = \sqrt{P_{\max, III с.ш.}^2 + Q_{\max, III с.ш.}^2}$$

$$S_{\max, III с.ш.} = \sqrt{9720,375^2 + 6092,93^2} = 11477 \text{ кВА}$$

Сведения о токах нагрузки будут использованы при проверке
оборудования цехов.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Для расчета токов короткого замыкания наметим значимые точки, представленные на рис.3.1.

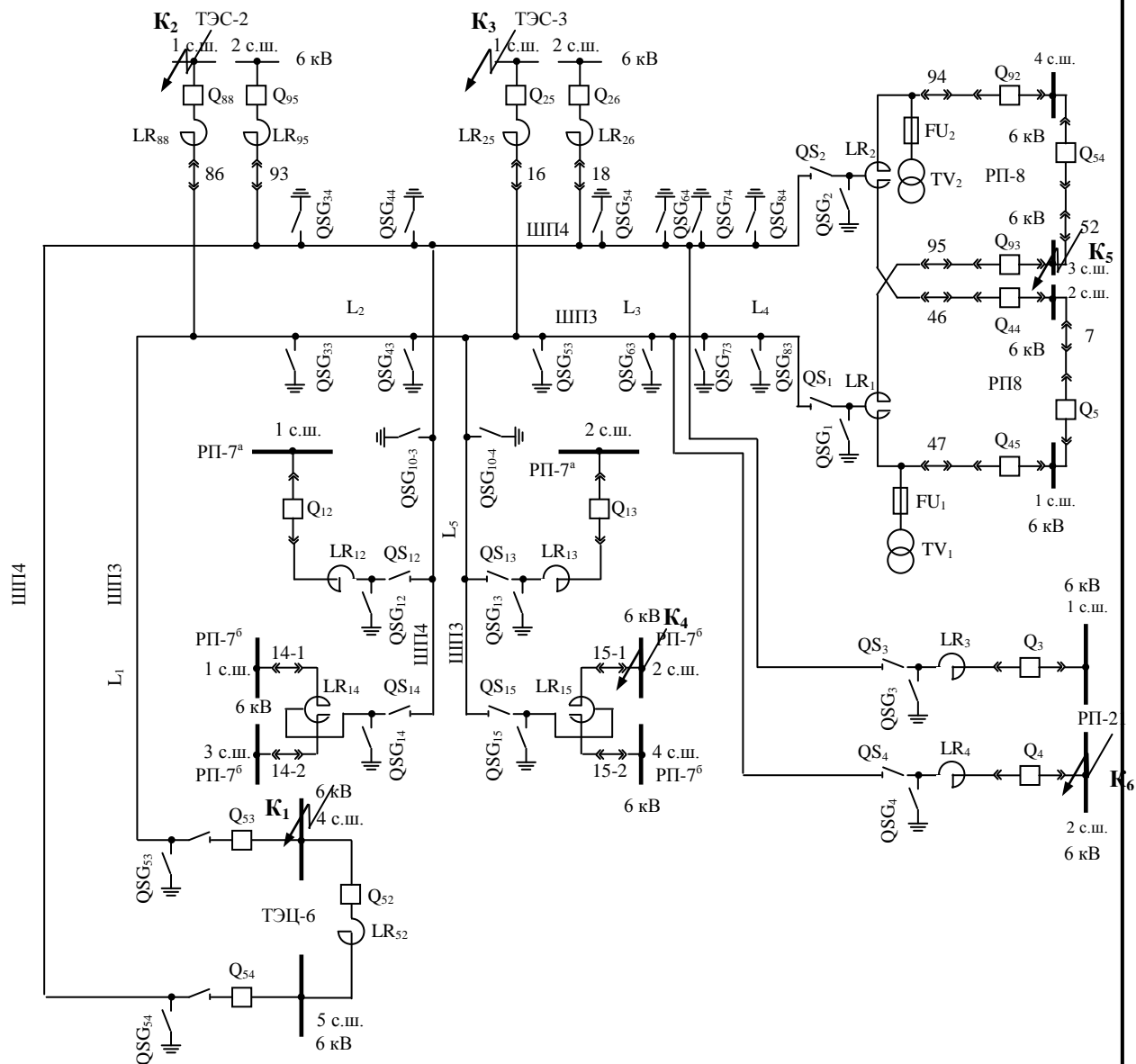


Рис.3.1. Линейная схема токопроводов ШП 3,4 к
расчету токов короткого замыкания

Каждый токопровод питает свою нагрузку, одновременно являясь резервным для смежного. То есть, в случае отключения токопровода ШПЗ, ШП 4 возьмет всю нагрузку обоих токопроводов на себя, и, наоборот, в случае отключения ШП4, ШПЗ возьмет на себя всю нагрузку. Значимые точки короткого замыкания обоих токопроводов будут идентичны, поэтому, целесообразно рассмотреть один ШП4.

Опираясь на рис.3.1. составим схему замещения, представленную на рис.3.2.

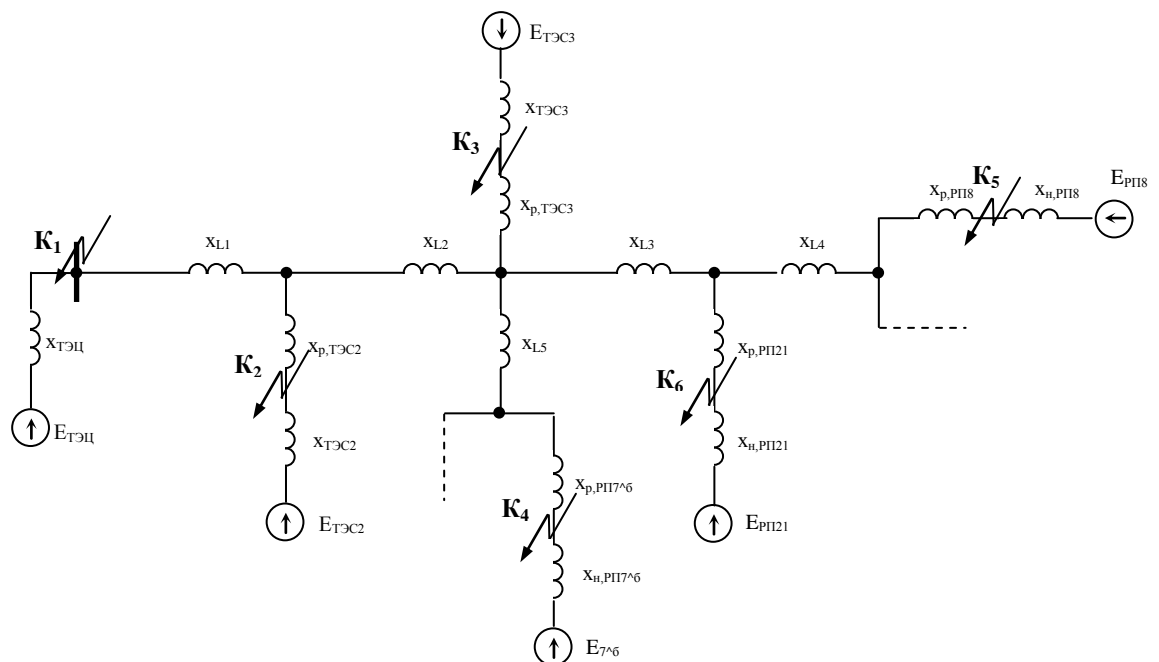


Рис.3.2. Схема замещения к расчету токов КЗ

При составлении схемы замещения приняты ниже следующие допущения. Учитывая близость шин генераторного напряжения, активные сопротивления всех элементов электроснабжения приняты равными нулю.

3.1. Расчет параметров схемы замещения

Расчет произведем в относительных единицах. Для этого примем базисную мощность порядка $S_6=1000$ МВА, напряжение базисной ступени $U_6=6,3$ кВ.

ТЭЦ:

Токопроводы ШПЗ и ШП4 запитаны с IV с.ш. и V с.ш. ТЭЦ-6 соответственно турбогенераторами 2ТА-ПТ-60-130/13, имеющими параметры:

$$P_{\text{ном}}=60 \text{ МВт}, \cos\varphi=0,8, U_{\text{н}}=6,3 \text{ кВ}, x_d''=0,146, x''=0,22, T_a=0,39 \text{ с.}$$

$$x_{* \text{ ТЭЦ}, \delta}'' = x_{* d}'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном}}} \quad (3)$$

$$x_{* \text{ ТЭЦ}, \delta}'' = 0,146 \cdot \frac{1000}{75} = 1,95 \text{ о.е.}$$

$$E_{* \text{ ТЭЦ}, \delta}'' = 1,08 \text{ о.е.} \quad [6]$$

ТЭС-2:

В качестве горячего резерва для питания ШПЗ и ШП4 задействованы генераторы ТЭС-2, 3 типа ТВС-30, имеющими параметры:

$$P_{\text{ном}}=30 \text{ МВт}, \cos\varphi=0,8, U_{\text{н}}=6,3 \text{ кВ}, x_d''=0,143, x''=0,238, T_a=0,14 \text{ с.}$$

$$x_{* \text{ ТЭС}2, \delta}'' = x_{* \text{ ТЭС}3, \delta}'' = x_{* d}'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном}}}$$

$$x_{* \text{ ТЭС}2, \delta}'' = x_{* \text{ ТЭС}3, \delta}'' = 0,143 \cdot \frac{1000}{37,5} = 3,81 \text{ о.е.}$$

$$E_{* \text{ ТЭС}2, \delta}'' = E_{* \text{ ТЭС}3, \delta}'' = 1,08 \text{ о.е.}$$

Реакторы:

В схеме задействованы реакторы типа РБАС. Примем для всех реакторов относительное сопротивление порядка $x_p=0,85 \text{ Ом.}$

$$x_{* p, \text{ ТЭС}2, \delta}'' = x_{* p, \text{ ТЭС}3, \delta}'' = x_{* p, 7^{\wedge} \delta, \delta}'' = x_{* p \text{ РП}21, \delta}'' = x_{* p \text{ РП}8, \delta}'' = x_{* p \text{ ном}}'' \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ном}}^2}$$

$$x_{* p, \text{ ТЭС}2, \delta}'' = x_{* p, \text{ ТЭС}3, \delta}'' = x_{* p, 7^{\wedge} \delta, \delta}'' = x_{* p \text{ РП}21, \delta}'' = x_{* p \text{ РП}8, \delta}'' = 0,85 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 21,41 \text{ о.е.}$$

Участки токопровода:

$$L1: x_{* L1, \delta}'' = x_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \text{ (для сечения } 210 \times 15 \text{ мм}^2 \text{)} \quad (4)$$

$$x_{* L1, \delta}'' = 0,143 \cdot 0,312 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 1,12 \text{ о.е.}$$

$$L2: x_{* L2, \delta}'' = x_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \text{ (для диаметра } 210 \text{ мм)}$$

									Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

$$x_{*L2,\delta}'' = 0,143 \cdot 0,11 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0,40.e.$$

$$L3: x_{*L3,\delta}'' = x_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \cdot (\text{для диаметра } 210 \text{ мм})$$

$$x_{*L3,\delta}'' = 0,143 \cdot 0,21 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0,760.e.$$

$$L4: x_{*L4,\delta}'' = x_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \cdot (\text{для диаметра } 140 \text{ мм})$$

$$x_{*L4,\delta}'' = 0,166 \cdot 0,112 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0,470.e.$$

$$L5: x_{*L5,\delta}'' = x_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \cdot (\text{для диаметра } 140 \text{ мм})$$

$$x_{*L5,\delta}'' = 0,166 \cdot 0,19 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0,80.e.$$

Нагрузка:

$$x_{*н,ПП7\delta,\delta}'' = x_{*н}'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{н}}$$

$$x_{*н,ПП7\delta,\delta}'' = 0,35 \cdot \frac{1000}{35,187} = 6,450.e.$$

$$E_{*ПП7\delta,\delta}'' = 0,850.e.$$

$$x_{*н,ПП21,\delta}'' = x_{*н}'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{н}}$$

$$x_{*н,ПП21,\delta}'' = 0,35 \cdot \frac{1000}{26,896} = 7,460.e.$$

$$E_{*ПП21,\delta}'' = 0,850.e.$$

$$x_{*н,ПП8,\delta}'' = x_{*н}'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{н}}$$

$$x_{*н,ПП8,\delta}'' = 0,35 \cdot \frac{1000}{32,23} = 6,830.e.$$

$$E_{*ПП8,\delta}'' = 0,850.e.$$

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3.2. Расчет трехфазных токов короткого замыкания

Выполним преобразование исходной схемы (рис. 4.2.) относительно точки К1.

$$x_{*1\delta}'' = x_{*L4\delta}'' + x_{*p,ПП8\delta}'' + x_{*н,ПП8\delta}''$$

$$x_{*1\delta}'' = 0,47 + 21,41 + 6,83 = 28,71 o.e$$

$$x_{*2\delta}'' = x_{*p,ПП21\delta}'' + x_{*н,ПП21\delta}''$$

$$x_{*2\delta}'' = 21,41 + 7,46 = 28,87 o.e$$

$$x_{*3\delta}'' = x_{*1\delta}'' \parallel x_{*2\delta}''$$

$$x_{*3\delta}'' = \frac{28,71 \cdot 28,87}{28,71 + 28,87} = 14,4 o.e$$

$$E_{*3\delta}'' = (E_{*ПП21\delta}'' \parallel E_{*ПП8\delta}'')$$

$$E_{*3\delta}'' = \frac{0,85 \cdot 28,87 + 0,85 \cdot 28,71}{28,87 + 28,71} = 0,85 o.e.$$

$$x_{*4\delta}'' = x_{*3\delta}'' + x_{*L3\delta}''$$

$$x_{*4\delta}'' = 14,4 + 0,76 = 15,16 o.e$$

$$x_{*5\delta}'' = x_{*L5\delta}'' + x_{*p,ПП7\delta,6}'' + x_{*н,ПП7\delta,6}''$$

$$x_{*5\delta}'' = 0,8 + 21,41 + 6,45 = 28,66 o.e$$

$$x_{*6\delta}'' = x_{*4\delta}'' \parallel x_{*5\delta}''$$

$$x_{*6\delta}'' = \frac{15,16 \cdot 28,66}{15,16 + 28,66} = 9,92 o.e$$

$$E_{*6\delta}'' = (E_{*ПП7\delta,6}'' \parallel E_{*3\delta}'') = 0,85 o.e.$$

$$x_{*7\delta}'' = x_{*p,ТЭС3,6}'' + x_{*ТЭС3,6}''$$

$$x_{*7\delta}'' = 21,41 + 3,81 = 25,22 o.e$$

$$x_{*8\delta}'' = x_{*7\delta}'' \parallel x_{*6\delta}''$$

$$x_{*8\delta}'' = \frac{9,92 \cdot 25,22}{9,92 + 25,22} = 7,12 o.e$$

					Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

$$E_{*8\delta}'' = (E_{*6\delta}'' \parallel E_{*TЭC3\delta}'')$$

$$E_{*8\delta}'' = \frac{1,08 \cdot 9,92 + 0,85 \cdot 25,22}{9,92 + 25,22} = 0,92_{o.e.}$$

$$x_{*9\delta}'' = x_{*8\delta}'' + x_{*L2\delta}''$$

$$x_{*9\delta}'' = 7,12 + 0,4 = 7,52_{o.e.}$$

$$x_{*10\delta}'' = x_{*p,TЭC2\delta}'' + x_{*TЭC2\delta}''$$

$$x_{*10\delta}'' = 21,41 + 3,81 = 25,22_{o.e.}$$

$$x_{*11\delta}'' = x_{*9\delta}'' \parallel x_{*10\delta}''$$

$$x_{*11\delta}'' = \frac{7,52 \cdot 25,22}{7,52 + 25,22} = 5,8_{o.e.}$$

$$E_{*11\delta}'' = (E_{*8\delta}'' \parallel E_{*TЭC2\delta}'')$$

$$E_{*11\delta}'' = \frac{0,92 \cdot 25,22 + 1,08 \cdot 7,52}{25,22 + 7,52} = 0,96_{o.e.}$$

$$x_{*12\delta}'' = x_{*11\delta}'' + x_{*L1\delta}''$$

$$x_{*12\delta}'' = 5,8 + 1,12 = 6,92_{o.e.}$$

$$x_{*\Sigma K1\delta}'' = x_{*TЭЦ\delta}'' \parallel x_{*12\delta}''$$

$$x_{*\Sigma K1\delta}'' = \frac{1,95 \cdot 6,92}{1,95 + 6,92} = 1,52_{o.e.}$$

$$E_{*\Sigma K1\delta}'' = (E_{*TЭЦ\delta}'' \parallel E_{*11\delta}'')$$

$$E_{*\Sigma K1\delta}'' = \frac{1,08 \cdot 6,92 + 0,96 \cdot 1,95}{6,92 + 1,95} = 1,05_{o.e.}$$

В результате простейших последовательно-параллельных преобразований , получили численное значение результирующих ЭДС и сопротивлений в сверхпереходном состоянии [9] $x_{рез,K1}=1,52$ о.е., $E_{рез,K1}=1,05$.

Величина результирующего тока составит:

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$I_{*\Sigma\delta}'' = \frac{E_{*\delta}''}{x_{*\Sigma\delta}''} \quad (5)$$

$$I_{*\Sigma\delta}'' = \frac{1,05}{1,52} = 0,69 \text{ o.e.}$$

Базисный ток составит:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} \quad (6)$$

$$I_{\delta} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,64 \text{ кА}$$

Тогда периодическая составляющая тока короткого замыкания:

$$I_{n0} = I_{*\Sigma}'' \cdot I_{\delta} \quad (7)$$

$$I_{n0} = 0,69 \cdot 91,64 = 63,23 \text{ кА}$$

Данное значение трехфазного тока короткого замыкания будет наблюдаться на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-6 в начальный момент аварии.

Эквивалентную постоянную времени затухания примем равной генератора ТЭЦ-6 [9], $T_a = 0,39 \text{ с}$.

Ударный коэффициент выбираем в соответствии с [9] (рис. 6-13), $k_y = 1,92$.

Апериодическая составляющая:

$$I_{a.t.} = I_{n0} \cdot e^{-t/T_a} \quad (8)$$

$$I_{a.t.} = 63,23 \cdot e^{-0,01/0,39} = 61,64 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{n0} \quad (9)$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,92 \cdot 63,23 = 171,7 \text{ кА}$$

Токи рассчитаны для момента времени $t = 0,01 \text{ сек}$.

Расчет значений трехфазного тока короткого замыкания для остальных точек сведен в табл.3.1.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3.3. Расчет значений двухфазных токов короткого замыкания

Величины двухфазных токов короткого замыкания необходимы для отстройки устройств релейной защиты и автоматики [10].

Ток двухфазного к.з. рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{к.з.}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I^{(3)},$$

(10)

Таким образом, величина двухфазного тока короткого замыкания в т. К1 составит:

$$I_{к.з.(K1)}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 63,23 = 54,76 \text{ кА}$$

Расчет значений двухфазного тока короткого замыкания для остальных точек сведен в табл.4.1.

Таблица 3.1.

Вид КЗ	К1	К2	К3	К4	К5
Токи трехфазного короткого замыкания					
I", кА	63,23	30,24	28,72	16	14,65
I _{а.т} , кА	61,64	27,82	26,42	14,72	13,64
I _y , кА	171,7	81,26	77,2	43,45	36,35
Токи двухфазного короткого замыкания					
I", кА	54,76	26,19	24,87	13,86	12,69

4. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТБЕЛЬНОГО ЦЕХА ПО НАГРУЗОЧНЫМ РЕЖИМАМ

4.1. Проверка вводных выключателей II с.ш. и IV с.ш.

Произведем предварительный анализ вводных выключателей типа ВМПЭ-3200-31,5 II с.ш. и IV с.ш. отбелного цеха по рабочим номинальным и максимальным токам.

Номинальный рабочий ток II с.ш. составит:

$$I_{ном, II с.ш.} = \frac{S_{max, II с.ш.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

(11)

где $S_{max, II с.ш.}$ – максимальная расчетная мощность нагрузки отбираемая со II с.ш.;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение II с.ш.

$$I_{ном, II с.ш.} = \frac{18471,63}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1692,8 A;$$

Рабочий максимальный ток II с.ш. составит:

$$I_{раб. max, II с.ш.} = \frac{S_{max, II с.ш.} + S_{max, I с.ш.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

(12)

где где $S_{max, I с.ш.}$ – максимальная расчетная мощность нагрузки отбираемая с I с.ш. сушильного цеха;

$$I_{раб. max, II с.ш.} = \frac{18471,63 + 7562,51}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2385,84 A$$

Исследуемый выключатель должен соответствовать требованиям табл.4.1 [5].

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 4.1.

Выбор вводных выключателей II с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=2385,84 \text{ А}$	$I_{ном}=3200 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$

Номинальный ток IV с.ш. составит:

$$I_{ном, IV с.ш.} = \frac{16715,66}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1531,87 \text{ А}$$

Рабочий максимальный ток IV с.ш. составит:

$$I_{раб.мах, IV с.ш.} = \frac{16715,66 + 11477}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2583,7 \text{ А}$$

Таблица 4.2.

Выбор вводных выключателей IV с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=2583,7 \text{ А}$	$I_{ном}=3200 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$

Таким образом, предварительно, можно заключить, что исследуемый выключатель соответствует проходящей через него нагрузке, как в номинальных, так и в послеаварийных рабочих режимах. Однако, окончательное соответствие можно получить только после проверки к действию токов короткого замыкания [6].

4.2. Проверка секционных выключателей II, I с.ш. и IV, III с.ш.

Реально в схеме электроснабжения установлены выключатели типа ВМПЭ-10-1600-31,5.

Аналогично п.4.1. произведем соответствие, представленное в табл.4.3, 4.4.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 4.3.

Выбор секционных выключателей II, I с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=1692,8 \text{ А}$	$I_{ном}=3200 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$

Таблица 4.4.

Выбор секционных выключателей IV и III с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=1531,87 \text{ А}$	$I_{ном}=3200 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$

Исследуемый выключатель соответствует проходящей через него нагрузке в послеаварийном режиме. В номинальном режиме он отключен.

4.3. Проверка сдвоенного реактора LR_{14}, LR_{15}

Учитывая непосредственную близость шин генераторного напряжения ТЭЦ на вводе отбельного, сушильного и варочного и цехов установлены два реактора LR_{14} и LR_{15} .

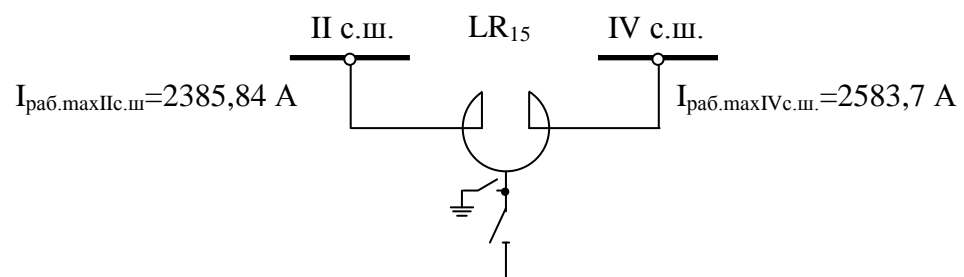


Рис.4.1. Схема включения сдвоенного реактора LR_{15} II с.ш. и IV с.ш.

В рабочем максимальном режиме нагрузка плеч реактора будет отличаться на 7,66%, таким образом, получается почти равномерная нагрузка обоих плеч реактора.

Учитывая рекомендации [5], примем сопротивление реактора порядка $x_p=6\%$. Максимальный ток одной отходящей линии 2583,7 А:

$$x_p = \frac{x_{p\%}}{100} \cdot \frac{U_p}{\sqrt{3} \cdot I_p} - \text{одной ветви.}$$

(13)

$$x_p = \frac{6}{100} \cdot \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,25837} = 0,85 \text{ Ом}$$

На основании выше перечисленных расчетов проверяем установленный реактор внутренней установки типа РБАС-10-2х3000-12 с номинальными параметрами: $U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$; $I_{\text{ном}}=2 \times 3000 \text{ А}$ (с принудительным охлаждением), $I_{\text{ном}}=2 \times 1800 \text{ А}$ (без устройства принудительного воздушного охлаждения); $x_{\text{ном}}=12 \text{ Ом}$ – одной ветви; $I_{\text{эл.дст}}=53 \text{ кА}$; $k_{\text{св}}=0,47$.

Проверка по условиям принудительного охлаждения:

При номинальных рабочих токах нагрузка плеч реактора соответствует параметрам $I_{\text{ном,II с.ш.}}=1692,8 \text{ А}$ и $I_{\text{ном,IV с.ш.}}=1531,87 \text{ А}$. То есть при нормальном режиме работы системы электроснабжения цехов, надобность в принудительном воздушном охлаждении отпадает. При возникновении максимальных рабочих токов необходимо задействовать воздушное охлаждение.

Электродинамическая стойкость рассматриваемого реактора довольно высока, поэтому автоматику задействовать не целесообразно. То есть при отключении резервируемой шины, включается секционный выключатель между I и II с.ш. или III и IV с.ш., одновременно дежурный персонал в течение времени, определенным инструкцией, включает принудительное воздушное охлаждение реактора.

									Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

Токовые нагрузки и режимы работы реактора LR₁₅ (см.рис.1.4) полностью соответствуют токовым нагрузкам и режиму реактора LR₁₄.

4.4. Проверка выключателей нагрузки

Реально в схеме электроснабжения установлены выключатели типа ВМП-10-630-31,5.

Аналогично п.4.1. произведем соответствие, представленное в табл.4.5.

Таблица 4.5.

Выбор выключателей нагрузки

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМП-10-630-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=176,1 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$

Примечание:
$$I_{раб.форс} = \frac{P_{сд.нз9}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 0,91 \cdot 0,915} = 176,1 \text{ А} - \text{ток}$$

самого

мощного потребителя отбельного цеха (II с.ш. и IV с.ш.).

Таким образом, предварительно, можно заключить, что исследуемый выключатель соответствует проходящей через него самой максимальной нагрузке, с большим запасом. Однако, окончательное соответствие можно получить только после проверки к действию токов короткого замыкания

4.5. Проверка цеховых секций шин

Секции шин отбельного цеха выполнены алюминиевыми шинами прямоугольного сечения размером 120x10 с допустимым током равным

4100 А. Прокладка шин горизонтальная при расположении большей грани полосы в вертикальной плоскости [7].

По условиям длительного нагрева:

$$I_{\text{раб.форс}}=2583,7 \text{ А} < I_{\text{доп}}=4100 \text{ А}$$

4.6. Выводы по анализу соответствия оборудования

Проведя предварительное соответствие электрооборудования отбельного цеха к токовой нагрузке, было выявлено, что все установленное электрооборудование в схеме электроснабжения цеха проходит по условиям длительно допустимых токов и токов максимального рабочего режима. Причем, практически для всего оборудования, имеется запас прочности, ориентировочно, порядка 35,41% для вводных и секционных выключателей; 36,98% - для секций шин; 72,05% - для выключателей нагрузки.

Данное обстоятельство, должно положительно отразиться на состоянии электрооборудования в плане старения изоляции, усталости металла, ухудшения свойств диэлектрических и проводящих материалов [8].

Однако, конечное заключение может быть дано, только после проверки всего вышеперечисленного электрооборудования на термическое и динамическое действие токов короткого замыкания.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТДЕЛЬНОГО ЦЕХА

НА ТЕПЛОВОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ТОКОВ КЗ

Для окончательной проверки соответствия установленного электрооборудования необходимо выполнить проверку на действие токов короткого замыкания. В соответствии с рекомендациями [5], проверку целесообразно свести в таблицы, представленные ниже.

5.1. Проверка вводных выключателей II с.ш. и IV с.ш.

Таблица 5.1.

Проверка вводных выключателей II с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=2385,84 \text{ А}$	$I_{ном}=3200 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$
$I''=16 \text{ кА}$	$I_{пр.с}=31,5 \text{ кА}$	$I'' \leq I_{пр.с}$
$i_{уд}=43,45 \text{ кА}$	$i_{пр.с}=80 \text{ кА}$	$i_{уд} \leq I_{пр.с}$
$I_n=16 \text{ кА}$	$I_{откл.н}=31,5 \text{ кА}$	$I_n \leq I_{откл.н}$
$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a = 37,35 \text{ кА}$	$\beta=0,8$	$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл} (1 + \beta)$
$B_k=25,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{th}t_{th}=99,225 \text{ кА}$	$B_k \leq I_{th}^2 \cdot t_{th}$

Примечание: где тепловой импульс $B_k = I''^2 (t_{откл} + T_a)$ рассчитан для времени 0,1 сек., включающего себя время отключения и эквивалентную постоянную времени затухания переходного процесса [9].

Таблица 5.2.

Проверка вводных выключателей IV с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3 \text{ кВ}$	$U_n=12 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=2583,7 \text{ А}$	$I_{ном}=3200 \text{ А}$	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$
$I''=16 \text{ кА}$	$I_{пр.с}=31,5 \text{ кА}$	$I'' \leq I_{пр.с}$
$i_{уд}=43,45 \text{ кА}$	$i_{пр.с}=80 \text{ кА}$	$i_{уд} \leq I_{пр.с}$
$I_n=16 \text{ кА}$	$I_{откл.н}=31,5 \text{ кА}$	$I_n \leq I_{откл.н}$
$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a = 37,35 \text{ кА}$	$\beta=0,8$	$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл} (1 + \beta)$
$B_k=25,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{th}t_{th}=99,225 \text{ кА}$	$B_k \leq I_{th}^2 \cdot t_{th}$

5.2. Проверка секционных выключателей II, I с.ш. и IV, III с.ш.

Таблица 5.3.

Проверка секционных выключателей II, I с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3$ кВ	$U_n=12$ кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=1692,8$ А	$I_{ном}=3200$ А	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$
$I''=16$ кА	$I_{пр.с}=31,5$ кА	$I'' \leq I_{пр.с}$
$i_{уд}=43,45$ кА	$i_{пр.с}=80$ кА	$i_{уд} \leq I_{пр.с}$
$I_n=16$ кА	$I_{откл.н}=31,5$ кА	$I_n \leq I_{откл.н}$
$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a = 37,35$ кА	$\beta=0,8$	$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл} (1 + \beta)$
$B_k=25,6$ кА ² ·с	$I_{th}t_{th}=99,225$ кА	$B_k \leq I_{th}^2 \cdot t_{th}$

Таблица 5.4.

Проверка секционных выключателей IV, III с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМПЭ-10-3200-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3$ кВ	$U_n=12$ кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=1531,87$ А	$I_{ном}=3200$ А	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$
$I''=16$ кА	$I_{пр.с}=31,5$ кА	$I'' \leq I_{пр.с}$
$i_{уд}=43,45$ кА	$i_{пр.с}=80$ кА	$i_{уд} \leq I_{пр.с}$
$I_n=16$ кА	$I_{откл.н}=31,5$ кА	$I_n \leq I_{откл.н}$
$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a = 37,35$ кА	$\beta=0,8$	$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл} (1 + \beta)$
$B_k=25,6$ кА ² ·с	$I_{th}t_{th}=99,225$ кА	$B_k \leq I_{th}^2 \cdot t_{th}$

5.3. Проверка выключателей нагрузки

Таблица 5.4.

Проверка выключателей нагрузки IV, III с.ш.

Расчетные величины	Каталожные данные выключателя типа ВМП-10-630-31,5	Условия выбора
$U_{уст}=6,3$ кВ	$U_n=10$ кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{раб.форс}=176,1$ А	$I_{ном}=630$ А	$I_{раб.форс} \leq I_{ном}$
$I''=16$ кА	$I_{пр.с}=31,5$ кА	$I'' \leq I_{пр.с}$
$i_{уд}=43,45$ кА	$i_{пр.с}=80$ кА	$i_{уд} \leq I_{пр.с}$
$I_n=16$ кА	$I_{откл.н}=31,5$ кА	$I_n \leq I_{откл.н}$
$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a = 37,35$ кА	$\beta=0,8$	$\sqrt{2} \cdot I_n + i_a \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл} (1 + \beta)$
$B_k=25,6$ кА ² ·с	$I_{th}t_{th}=99,225$ кА	$B_k \leq I_{th}^2 \cdot t_{th}$

5.4. Проверка цеховых секций шин

Шины проверяются по условиям длительного нагрева номинальным током с последующей проверкой на термическую и динамическую стойкость при коротких замыканиях [5].

По условиям длительного нагрева проверяем шины прямоугольного сечения 120х10 мм:

$$I_{\text{раб.форс}} = 2583,7 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 4100 \text{ А}$$

Проверка на термическую стойкость при КЗ:

$$f_{\kappa} = f_n + \frac{1,054 \cdot B_{\kappa}}{S^2} \quad (14)$$

$$f_{\kappa} = \frac{1,054 \cdot 61264000}{1200^2} = 73,38$$

В соответствии с кривой для определения температур нагрева токопровода при КЗ: $\Theta = 73^0$, что меньше допустимой $\Theta_{\text{доп}} = 200^0$

Проверка на динамическую стойкость:

Напряжение в материале шин от взаимодействия фаз определяем как:

$$\sigma_{\phi} = 2,2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l_{\phi}^2}{a \cdot W_{\phi}} \quad (15)$$

$$\sigma_{\phi} = 2,2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1^2}{0,84 \cdot 58} \cdot 21900^2 = 28,22 \text{ МПА}$$

Сила взаимодействия между швеллерами:

$$f_n = 0,5 \cdot \frac{i_y^2}{h} \cdot 10^{-7} \quad (16)$$

$$f_n = 0,5 \cdot \frac{113640^2}{0,1} \cdot 10^{-7} = 648 \text{ Н/м}$$

Максимальное расстояние между местами сварки швеллеров:

$$l_{n.\text{max}} = \sqrt{\frac{12 \cdot (\sigma_{\text{дон}} - \sigma_{\phi}) \cdot W_p}{f_n}} \quad (17)$$

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$l_{n.\max} = \sqrt{\frac{12 \cdot (82,3 - 28,22) \cdot 58}{648}} = 2,7 \text{ м} \approx 3 \text{ м}$$

, т.е. швеллеры шин должны быть сварены в местах крепления на изоляторах через 3 м.

Выбираем изолятор проходной для внутренней установки на напряжение 10 кВ типа ПН-10/2000-1250, изолятор опорный для внутренней установки типа ОФ-20-3000.

Расчетная нагрузка на опорный изолятор в многопролетной шинной конструкции определяется расчетной нагрузкой шин на один пролет от междуфазного усилия:

$$F_u = 1,62 \cdot \frac{i_{y\phi}^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-7} \quad (18)$$

$$F_u = 1,62 \cdot \frac{113640^2 \cdot 2}{0,84} = 498 \text{ Н}$$

Поправка на высоту шин:

$$k_h = \frac{H_{из} + c + \frac{h}{2}}{H_{из}} \quad (19)$$

$$k_h = \frac{235 + 6 + \frac{100}{2}}{235} = 1,238$$

$$F_{расч} = k_h \cdot F_u \quad (20)$$

$$F_{расч} = 1,238 \cdot 498 = 616 \text{ Н}$$

$F_{расч} < 0,6 \cdot 6000$, т.е. изолятор проходит.

5.5. Выводы по проверке электрооборудования на действие токов короткого замыкания

Окончательная проверка установленного электрооборудования отбельного цеха показало, что номинальные параметры оборудования

					Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

значительно превосходят максимальные значения токов короткого замыкания на шинах присоединения. Данное обстоятельство, можно прокомментировать наличием сдвоенных реакторов, позволяющим значительно снизить токовую нагрузку за счет значительного индуктивного сопротивления. Если проанализировать значения токов к.з. (см.табл. 4.1), то можно отметить значительное отличие ударного трехфазного тока короткого замыкания в точке К1 (на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-6) и в точке К4 (на шинах исследуемого РП-7^б). Отличие составляет порядка 395%. При длине токопровода от точки К1 до К4 равной 634 метра, такое различие возможно только при наличии сдвоенного реактора, который наглядно показывает свою значимость во время аварийных ситуаций.

Таким образом, коммутационное и токоведущее оборудование цеха соответствует расчетным условиям и пригодно для дальнейшей работы. В последствие можно рекомендовать замену устаревших, масляных выключателей на более современный вакуумный выключатель типа ВБ/ТЭК-2-10-40/3150-В-УЗ

Таблица 5.5.

Основные характеристики выключателей.

Тип выключателя	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{ном-откл.} , кА	Полное время отключения, с
ВБ/ТЭК-2-10-40/3150-В-УЗ	10	3200	40	0,05

6. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ТОКОПРОВОДА ШП-3

6.1. Обзор устройств РЗА токопровода ШП-3

Для защиты от действия токов короткого замыкания на токопроводе ШПЗ установлены нижеследующие типы защит:

- Продольная дифференциальная токовая защита;
- Токовая отсечка;
- Максимальная токовая защита;
- Максимальная токовая защита от перегрузки;
- Максимальная токовая защита от неполнофазного режима.

6.1.1. Продольная дифференциальная защита

Дифференциальная токовая защита называется защитой с абсолютной селективностью, непосредственно сравнивающей величины токов в заданных местах защищаемых элементов, обычно по концам [11].

В продольных защитах сравниваются только комплексы (или только фазы) токов; сравнение напряжений или абсолютных величин токов не может выявлять поврежденный участок. Для продольных защит применяют проводные и высокочастотные радиоканалы. В продольных защитах с проводным каналом он постоянно включен и пусковых органов обычно не требуется.

Рассматриваемая защита обладает абсолютной селективностью [11], выполняется без выдержек времени и используется в сочетании с

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

другими, например резервными, защитами, имеющими относительную селективность.

Для достижения требуемых условий отстройки защиты [1], на концах защищаемого объекта устанавливаются трансформаторы тока (ТТ) с одинаковыми n_T . Их вторичные обмотки на одноименных фазах соединяются проводами и подключаются к обмотке измерительного реле тока так, чтобы при внешних коротких замыканиях ток в реле отсутствовал, а при коротких замыканиях в защищаемой зоне определялся током в месте повреждения.

Для обеспечения правильного функционирования (недействия) [11] защиты ток срабатывания исполнительного реле должен отстраиваться от максимальных расчетных токов небаланса.

В процессе эксплуатации защиты приходится (в основном в случае прокладки вспомогательных проводов вне пределов данной установки) считаться с возможностью их повреждения, поэтому, целесообразно, производить контроль их исправности.

Учитывая то обстоятельство, что нагрузкой более чем на 90% являются асинхронные и синхронные двигатели, необходимо учесть автоматическое заглубление защиты. Данное требование выполнимо путем включения исполнительного реле тока через промежуточный насыщающийся трансформатор тока, позволяющий, вследствие быстрого насыщения магнитопровода, не пропускать значительную часть периодической составляющей пускового тока путем замыкания через ветвь намагничивания.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

6.1.2. Токовая отсечка

Данная защита относится к типу защит с относительной селективностью, реагирующих на ток в защищаемом элементе [11]. Исполнительное реле приходит в действие при превышении током в месте включения защиты некоторого заранее установленного значения.

В рассматриваемом случае, относительно токопровода ШПЗ, защита выступает в качестве резервной.

Для обеспечения селективности несрабатывания токовой отсечки при внешних коротких замыканиях на элементах, ее ток срабатывания выбирается большим максимального тока, проходящему по защищаемому участку при внешнем коротком замыкании.

Для сокращения числа случаев работы отсечки с уменьшенными защищаемыми зонами реле включается по схеме с коэффициентом $k_{сх}=1$.

Преимуществом токовой отсечки является возможность быстрого отключения короткого замыкания на установленном участке.

Недостатком является относительная защитоспособность, то есть зависимость длины защищаемой зоны от режимов работы питающей сети.

Токовая отсечка в целом обеспечивает селективность защиты при внешних коротких замыканиях только в сети радиальной конфигурации с односторонним питанием.

Защита, не смотря на отмеченные недостатки [11], широко используется в сетях радиальной конфигурации с односторонним питанием напряжением 35 кВ и ниже. Она работает при всех

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

многофазных коротких замыканиях и выполняется с комбинациями числа ступеней.

Наличие токовой отсечки без выдержки времени может значительно улучшить свойства максимальных токовых защит с зависимыми характеристиками.

6.1.3. Максимальная токовая защита

Максимальные токовые защиты относятся к типу токовых защит с относительной селективностью так же, как и токовая отсечка [11].

Данная защита выполняется на базе реле тока и реле времени.

Параметрами срабатывания защиты являются ток срабатывания и выдержка времени.

Для предотвращения отключений при отсутствии повреждений, ток срабатывания защиты должен быть больше тока нагрузки защищаемого элемента. Однако при этом еще не будет обеспечена селективность при внешних коротких замыканиях. Рассматривая случай радиальной сети, состоящей из двух последовательно соединенных линий, нельзя с уверенностью сказать, что при коротком замыкании на втором участке, не сработает защита первого участка, на котором короткого замыкания не возникало.

Селективность при внешних к.з. достигается тем, что выдержки времени выбираются тем больше, чем ближе защита расположена к источнику питания.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Максимальная токовая защита по выполнению и типам используемых реле является наиболее простой и должна быть отнесена к защитами, обладающим лучшими аппаратной и эксплуатационной надежностями.

Рассматриваемую защиту широко используют как основную и резервную в распределительных сетях радиальной конфигурации с одним источником питания напряжением до 10 кВ включительно, если ее выдержки времени приемлемы.

6.1.4. Максимальная токовая защита от перегрузки

Максимальная токовая защита от перегрузки является полным аналогом максимальной токовой защиты, с той лишь разницей, что действие ее распространяется на сигнал в случае возникновения токов больших рабочих максимальных [11].

6.1.5. Максимальная токовая защита от неполнофазного режима

Максимальная токовая защита от неполнофазного режима является полным аналогом максимальной токовой защиты, с той лишь разницей, что действие ее распространяется на сигнал в случае возникновения разницы в токах фаз [11].

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

6.2. Расчет параметров защит

6.2.1. Расчет продольной дифференциальной защиты

Ниже предложен проверочный расчёт данной защиты на основе реле ДЗТ-11, который имеет улучшенные характеристики и более высокую надежность элементной базы [12].

6.2.1.1. Определение первичных токов

$$I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

где $I_{ном}$ – первичный номинальный ток трансформатора;

$S_{ном}$ – номинальная мощность защищаемого трансформатора;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение на высокой или низкой стороне.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

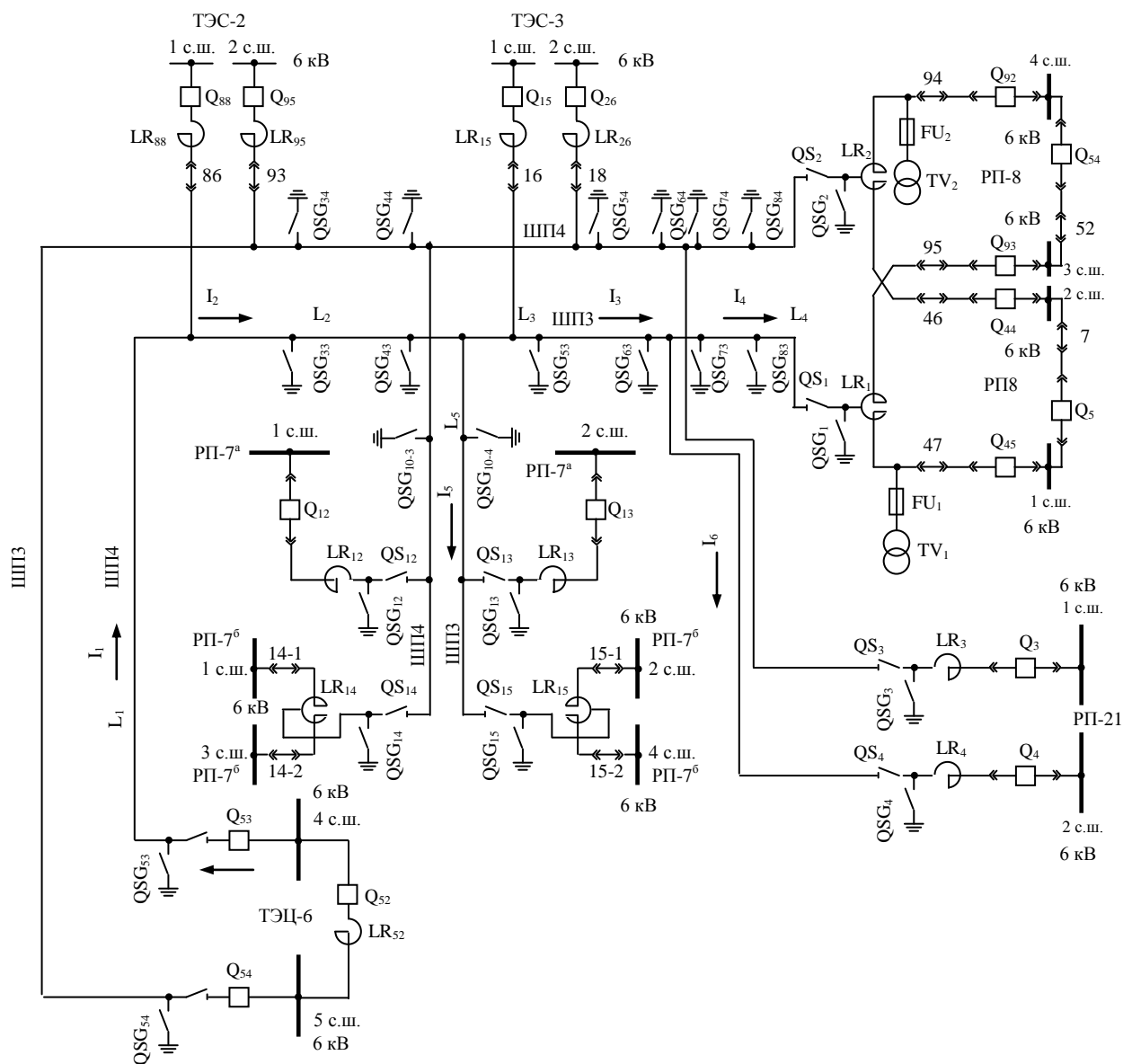


Рис.6.1. Распределение рабочих токов в схеме

В соответствии с п.6.1.1. произведем расчет первичных токов на участках L₁, L₄ и L₅.

$$I_{ном1} = \frac{65000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 5957 A;$$

$$I_{ном5} = \frac{42500}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 3895 A;$$

$$I_{ном4} = \frac{32230}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2954 A.$$

6.2.1.2. Выбор трансформаторов тока и расчет коэффициентов трансформации

В соответствии с рекомендациями [11] трансформаторы тока установлены в начале, участка L₁, в конце участка L₅ и в конце участка L₄. Такое расположение трансформаторов тока позволяет максимально обеспечить зону защиты токопровода ШПЗ.

Учитывая то обстоятельство, что на всех трансформаторах тока фазы не чередуются, выбираем схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока ТА1, ТА2 и ТА3 соединенные в звезду. При этом в дифференциальную цепь планируем установку трех реле ДЗТ-11.

Расчетные коэффициенты трансформации ТА определяются по формуле:

$$K_{1расч} = \frac{I_{ном} \cdot K_{сх}}{I_{ном(ТА)}},$$

(21)

где K_{сх} –коэффициент схемы;

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$K_{CX}=1$ – для схем соединения обмоток ТА в Y;

$I_{НОМ(ТА)}$ – номинальный вторичный ток ТА, равный 5 А.

Ток на участке L_1 :

$$K_{1расчY} = \frac{5957 \cdot 1}{5} = \frac{5957}{5}$$

Округляя до стандартного значения, можно проверить ТА (ТШВ-15) с коэффициентом трансформации $K_{1Y}=6000/5$.

Ток на участке L_5 :

$$K_{1расчY} = \frac{3895 \cdot 1}{5} = \frac{3895}{5}$$

Округляя до стандартного значения, можно проверить ТА (ТШВ-15) с коэффициентом трансформации $K_{1Y}=4000/5$.

Ток на участке L_4 :

$$K_{1расчY} = \frac{2954 \cdot 1}{5} = \frac{2954}{5}$$

Округляя до стандартного значения, можно проверить ТА (ТШВ-15) с коэффициентом трансформации $K_{1Y}=3000/5$.

Применение трансформаторов одного типа очень важно, чтобы по реле не протекали недопустимые токи небаланса [11].

6.2.1.3. Расчет вторичных токов в плечах защиты

$$I_{НОМ.В.} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{CX}}{K_{ТА}}$$

Вторичный ток участка L_1 :

$$I_{НОМ.В.Y} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{CX}}{K_{ТА}} = \frac{5957 \cdot 1}{6000/5} = 4,96 \text{ А}$$

Вторичный ток участка L_5 :

$$I_{НОМ.В.Y} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{CX}}{K_{ТА}} = \frac{3895 \cdot 1}{4000/5} = 4,87 \text{ А}$$

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Вторичный ток участка L₄:

$$I_{НОМ.В.У} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{сх}}{K_{ТА}} = \frac{2954 \cdot 1}{3000/5} = 4,92 \text{ А}$$

Результаты вышеизложенных расчетов приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1.

Параметры	Обозначение и метод определения	Числовые значения на сторонах		
		L ₁	L ₅	L ₄
Первичный ток на сторонах защищаемого трансформатора, А	$I_{НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$	5957	3895	2954
Схема соединения вторичных обмоток ТА		Y	Y	Y
Коэффициент схемы включения реле защиты	K _{сх}	1	1	1
Расчетный коэффициент трансформации трансформаторов тока	$K_{1расч} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{сх}}{I_{НОМ(ТА)}}$	5957/5	3895/5	2954/5
Принятый коэффициент трансформации ТА	K ₁	6000/5	4000/5	3000/5
Вторичный ток в плечах защиты, А	$I_{НОМ.В.} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{сх}}{K_{ТА}}$	4,96	4,87	4,92

6.2.1.4. Определение тока срабатывания реле для основной стороны

Выбирается сторона к трансформатором тока, которой следует подключить тормозную обмотку [12] реле ДЗТ-11. В соответствии с рекомендациями [11] – это сторона участка L₁ (ведомая сторона).

Использование тормозной обмотки дает возможность не отстраивать защиту от токов небаланса при таких внешних к.з., когда имеется торможение (короткое замыкание за этой обмоткой, в плечи ТА которой включена тормозная обмотка), так как недействие защиты при этом обеспечивается торможением.

Эффект торможения появляется при любом внешнем к.з. и минимальное значение тока срабатывания определяется только из условия от броска намагничивающего тока.

$$I_{сз\min} = K \cdot I_{ном},$$

где $K=1,2 \div 1,5$

$I_{ном}$ – номинальный ток участка L_1 .

Принимая $K=1,25$ получим:

$$I_{сз\min}=1,25 \cdot 5957=7446,25 \text{ А};$$

Плечо ТА с большим вторичным током принимается за основное и подключается к рабочей обмотке реле. В данном случае таким является плечо участка L_1 .

Определим ток срабатывания реле для основной стороны:

$$I_{срОСН} = \frac{I_{сз\min} \cdot K_{сх}}{K_{1,осн}},$$

$$I_{срОСН} = \frac{7446,25 \cdot 1}{6000/5} = 6,21 \text{ А}$$

где $K_{сх}=1$ (ТА соединены в Y);

6.2.1.5. Определение необходимого числа витков обмоток насыщающегося трансформатора реле ДЗТ-11

Расчетное число витков рабочих обмоток насыщающегося трансформатора (НТТ) для основной стороны определяется из выражения:

$$W_{осн.р} = \frac{F_{с.р.}}{I_{с.р.осн}},$$

(22)

$$W_{осн.р} = \frac{100}{6,21} = 16,1$$

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $F_{с.р.}=100$ – МДС срабатывания реле ДЗТ-11.

Округляя до целого значения, принимаем $W_p=16$ витков, тогда ток срабатывания защиты, соответствующий принятому числу витков, определится по формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{F_{с.р.} \cdot K_{1.осн}}{K_{сх} \cdot W_p} \quad (23)$$

$$I_{с.з.} = \frac{100 \cdot 6000}{1 \cdot 5 \cdot 16} = 7500 \text{ А};$$

Определяется расчетное число витков НТТ реле для не основных сторон.

Число витков рабочей обмотки для участка L_5

$$W_{pL5} = W_p \cdot \frac{I_{осн.}}{I_{ном.L5}} \quad (24)$$

$$W_{pL5} = 16 \cdot \frac{4,96}{4,87} = 16,3 \text{ витка}$$

Число витков рабочей обмотки для участка L_4

$$W_{pL4} = W_p \cdot \frac{I_{осн.}}{I_{ном.L4}}$$

$$W_{pL4} = 16 \cdot \frac{4,96}{4,92} = 16,13 \text{ витка}$$

Округляя число витков рабочих обмоток до целого значения получаем:

- число витков рабочей обмотки для участка L_5 принимается 16 витков;
- число витков рабочей обмотки для участка L_4 принимается 16 витков.

Таким образом, в неосновные плечи витки уравнительных обмоток задействовать не придется.

Все расчеты сведены в таблицу 6.2.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 6.2.

Параметры	Обозначение величины и методы определения	Числовые значения
Минимальный ток срабатывания защиты	$I_{с.з. \min} = \kappa \cdot I_{ном}$	$1,25 \cdot 5957 = 7446,25 \text{ A}$
Ток срабатывания реле на основной стороне	$I_{срОСН} = \frac{I_{сз \min} \cdot K_{сх}}{K_{1.осн}}$	$\frac{7446,25 \cdot 1}{6000/5} = 6,21 \text{ A}$
Число витков обмотки НТТ для основной стороны (НН) Расчетное	$W_{осн.р} = \frac{F_{с.р.}}{I_{с.р.осн}}$	16,1
Принятое		16
Реальный ток срабатывания	$I_{с.з.} = \frac{F_{с.р.} \cdot K_{1.осн}}{K_{сх} \cdot K_m \cdot W_p}$	$\frac{100 \cdot 6000}{1 \cdot 5 \cdot 16} = 7500 \text{ A};$
Число витков рабочей обмотки НТТ для стороны L5 Расчетное	$W_{pL5} = W_p \cdot \frac{I_{осн.}}{I_{ном.L5}}$	16,3
Принятое		16
Число витков рабочей обмотки НТТ для стороны L4 Расчетное	$W_{pL4} = W_p \cdot \frac{I_{осн.}}{I_{ном.L4}}$	16,13
Принятое		16

6.2.1.6. Определение числа витков тормозной обмотки

Для определения необходимого числа витков тормозной обмотки НТТ реле ДЗТ-11 необходимо определить первичный тормозной ток и первичный ток небаланса при внешних к.з., отстройка от которых производится с помощью торможения. Анализируя расчетные данные табл.4.1., принимаем расчетное значение трехфазного тока короткого замыкания в точке К5.

$$I_{торм} = I_{торм.К5} = 12650 \text{ A} ,$$

где $I_{торм.}$ – первичный тормозной ток на в конце участка L₄, равный току трехфазного внешнего к.з.

Первичный расчетный ток небаланса:

$$I_{нб.расч.МАХ} = \left[K_n \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \left| \frac{W_{1pac} - W_1}{W_{1pac}} \right| + \left| \frac{W_{11pac} - W_{11}}{W_{11pac}} \right| \right] \cdot I_{кз\max}^{(3)},$$

(25)

где K_n – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую в токе короткого замыкания, для реле с НТТ его рекомендуется брать равным 1;

$K_{одн}$ – коэффициент, учитывающий одностипность ТА;

$\varepsilon=0,1$ – относительная величина полной погрешности ТА;

$\Delta U\%$ – значение в % половины суммарного диапазона регулирования напряжения трансформатора;

$W_{pac} = W_p + W_{yp}$ – расчетное число витков обмоток НТТ на не основных сторонах;

$I_{кз(max)}^{(3)}$ – максимальное значение тока внешнего к.з.

В данном случае:

$$I_{нб.расч.МАХ} = \left[1 \cdot 1 \cdot 0,1 + \left| \frac{16,3 - 16}{16,3} \right| + \left| \frac{16,13 - 16}{16,13} \right| \right] \cdot 12650 = 1600 \text{ А}$$

Расчетное число витков тормозной обмотки определяется из выражения:

$$W_{т.расч.мак} = \frac{K_{отс} \cdot I_{нб.расч.мак} \cdot W}{tg \alpha \cdot I_m}$$

(26)

$$W_{т.расч.мак} = \frac{1,5 \cdot 1600 \cdot 16}{0,75 \cdot 12650} = 4,05 \text{ витков} \approx 5 \text{ витков}$$

, где $K_{отс}=1,5$ – коэффициент отстройки, учитывающий неточность настройки;

W – число витков обмотки НТТ на стороне, в плечо которой включена тормозная обмотка. При этом учитывается принятое число витков, если рассматриваемая сторона является неосновной.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

В рассматриваемом случае тормозная обмотка включается в плечо трансформаторов тока, то есть для нее принятое число витков рабочих обмоток НТТ составляет 16 витков.

$\operatorname{tg} \alpha$ - тангенс угла наклона касательной, определяющей крутизну тормозной характеристики.

Для реле ДЗТ-11 этот коэффициент можно считать равным 0.75.

I_T – первичный тормозной ток, определяемый при внешнем трехфазном к.з. В данном случае это 14650 А.

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.3.

Таблица 6.3.

Параметры	Обозначения и метод определения	Числовые значения
Результирующий ток в тормозной обмотке	-	12650 А
Первичный расчетный ток небаланса	$I_{нб.расч.МАХ} = \left[K_n \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \left \frac{W_{1pac} - W_1}{W_{1pac}} \right + \left \frac{W_{11pac} - W_{11}}{W_{11pac}} \right \right] \cdot I_{кз\max}^{(3)}$	1600 А
Расчетное число тормозной обмотки Расчетное Принятое	$W_{т.расч.мах} = \frac{K_{отс} \cdot I_{нб.расч.мах} \cdot W}{\operatorname{tg} \alpha \cdot I_m}$	4,05 5

6.2.1.7. Оценка чувствительности дифференциальной защиты

Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_\eta = \frac{I_{к.з.\min}^{(2)} \cdot K_{сх(n)}^{(m)}}{I_{с.з.} \cdot K_{сх(n)}^{(m)}},$$

(27)

где $I_{к.з.\min}^{(2)}$ – минимальное значение тока к.з. протекающего по защите при указанном виде к.з;

$\frac{\kappa_{cx(n)}^{(m)}}{\kappa_{cx(n)}^{(m)}}$ - соотношение, зависящее от вида к.з., схемы

соединения трансформаторов тока на рассматриваемой стороне(в данном случае отношение равно 1).

Тогда:

$$\kappa_{\varphi} = \frac{54510}{7500} = 7,27 \geq 2$$

Таким образом, чувствительность дифференциальной защиты обеспечивает минимально допустимый по ПУЭ коэффициент чувствительности.

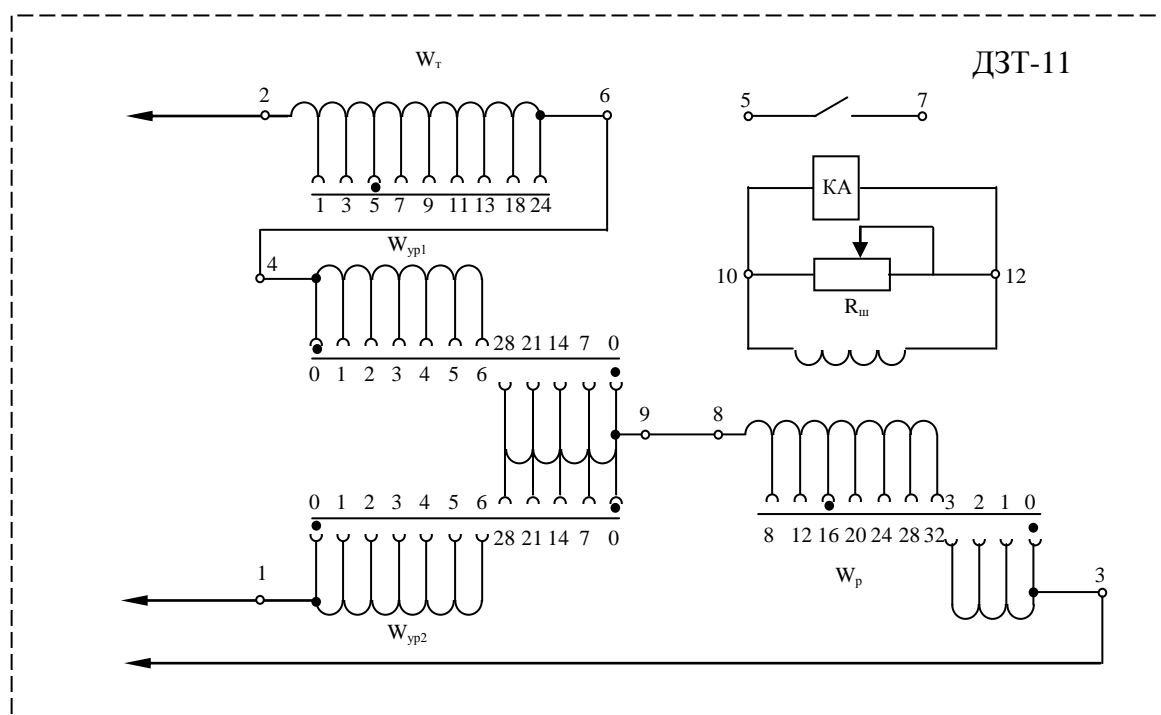


Рис. 6.2. Схема реле ДЗТ-11/4

6.2.1.8. Выходные цепи реле

Учитывая параметры схемы электроснабжения (рис.6.1, 6.3), следует отметить, что исследуемая радиальная сеть в точках присоединения нагрузок не имеет выключателей. Так же со стороны

теплоэлектроснаций ТЭС-2, ТЭС-3 имеет место постоянная подпитка электроэнергии. Таким образом, для полного отключения повреждения необходимо выходные цепи исполнительных реле ДЗТ-11/4 выводить не только на выключатель Q_{53} шин ТЭЦ-6, но еще и на выключатели Q_{88} и Q_{25} шин ТЭС-2 и ТЭС-3 соответственно.

Данное обстоятельство повлечет за собой нежелательное увеличение количества и длин кабелей. Однако требования [1] иначе выполнить не удастся.

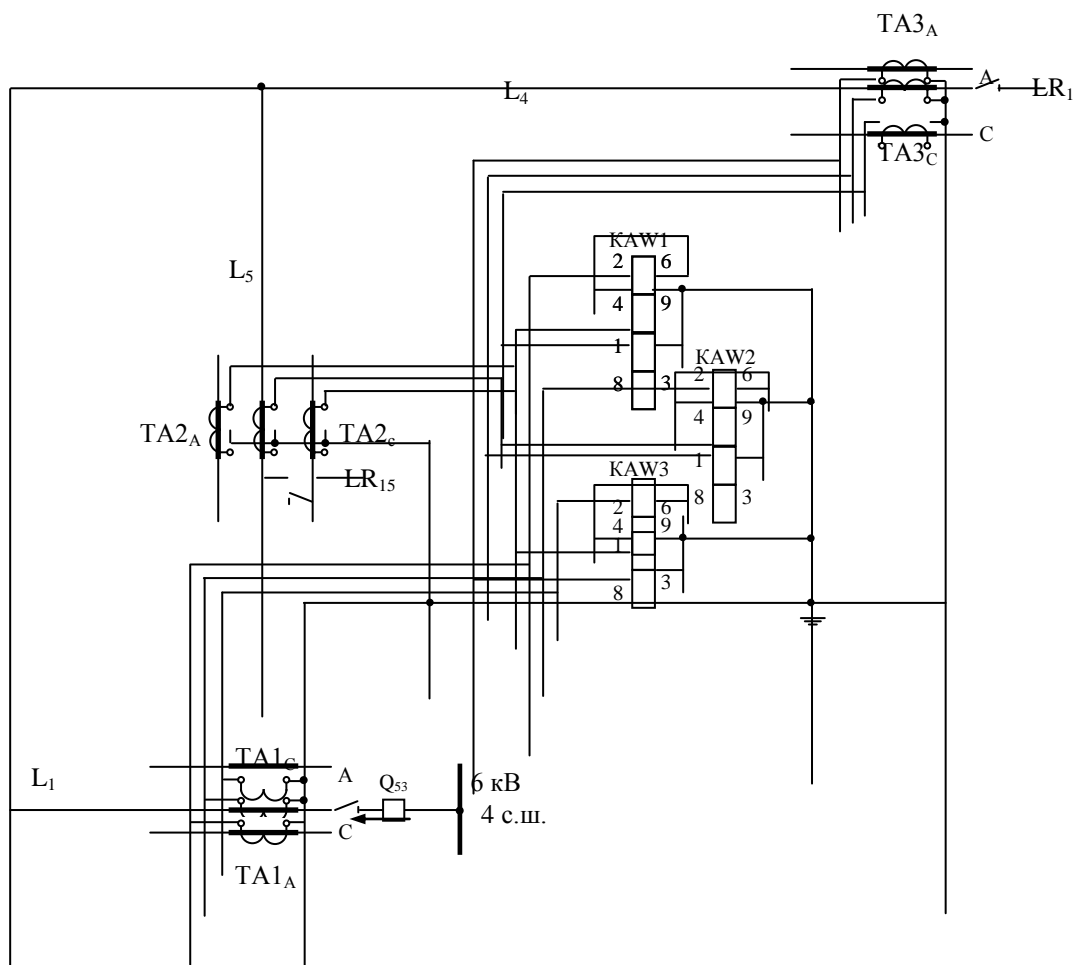


Рис.6.3. Схема включения дифференциальной защиты токопровода
ШПЗ на базе реле ДЗТ-11/4

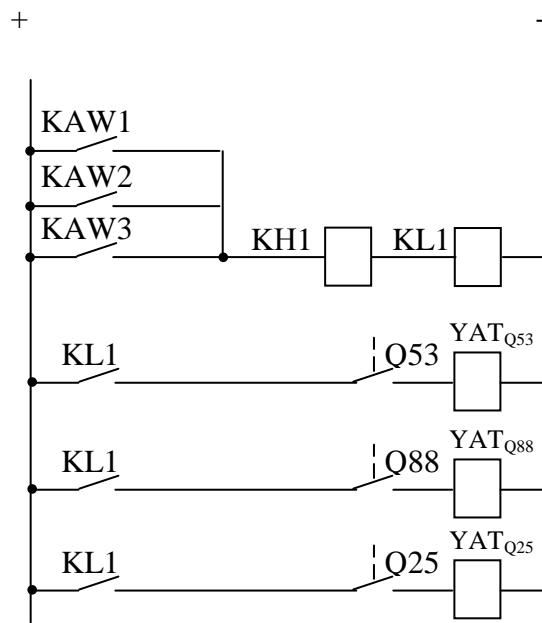


Рис.6.4. Фрагмент оперативной схемы исполнительных контактов
ДЗТ-11/4 на постоянном оперативном токе

6.2.2. Токовая отсечка

$$I_{сз} = \kappa_n \cdot I_{кз\max}, \quad (28)$$

где $I_{сз}$ – ток срабатывания защиты, А;

κ_n – коэффициент надежности, $\kappa_n=1,1$;

$I_{кз\max}$ – максимальный ток к.з. в конце защищаемого участка

Учитывая то обстоятельство, что токопровод имеет часть ответвлений, то выберем среди возможных значений токов короткого замыкания из табл.4.1., $I_{кз\max}=14,65$ кА соответствующее минимальному значению среди возможных, тем самым, обеспечивая чувствительность токовой отсечки к самым удаленным коротки замыканиям.

$$I_{сз} = 1,1 \cdot 14,65 = 16,12 \text{ кА}$$

Коэффициент чувствительности:

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз min}}}{I_{\text{сз}}}, \quad (29)$$

где $I_{\text{кз min}}$ – минимальный ток к.з. в начале защищаемого участка,

$$I_{\text{кз min}} = 54,76 \text{ кА}$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{54,76}{16,12} = 3,4 > 1,3$$

То есть по чувствительности защита проходит.

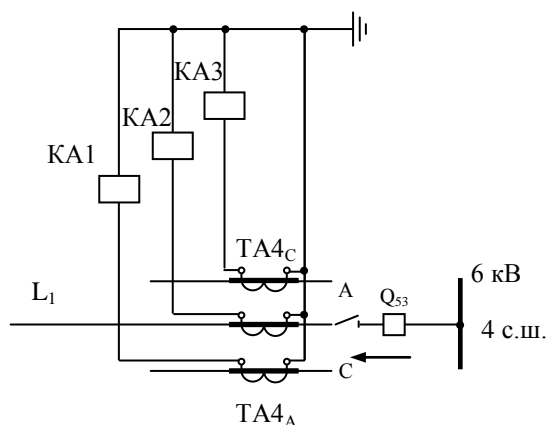
Для включения защиты в цепь токопровода целесообразно рассмотреть трансформатор тока типа ТШВ-15 для внутренней установки к коэффициентом трансформации $K_{\text{ТА}} = 6000/5$.

Ток срабатывания реле составит:

$$I_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{сх}}}{K_{\text{та}}} \cdot I_{\text{сз}} \quad (30)$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{1}{1200} \cdot 16120 = 13,43 \approx 13,5 \text{ А}$$

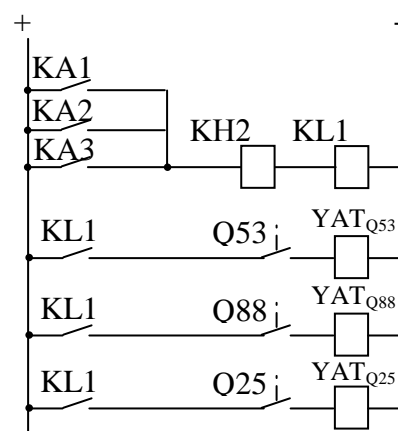
Реле типа РТ-40/20 проходит по требуемым условиям.



а)

Рис.6.5.а. Схема включения

токовой отсечки



б)

Рис.6.5.б. Схема оперативных

цепей

6.2.3. Максимальная токовая защита от сверхтоков

Учитывая значительное сопротивление реактора LR_1 , совместно с МТЗ задействуем блокировку по минимальному напряжению.

$$I_{с.з.} = \frac{K_H}{K_{\theta}} \cdot I_{раб.маx}, \quad (31)$$

где $I_{раб.маx}$ – максимальный рабочий ток токопровода, $I_{раб.маx}=5957$

А.

K_H - коэффициент надежности, $K_H=1,2$;

K_{θ} – коэффициент возврата, $K_{\theta}=0,85$.

$$I_{с.з.} = \frac{1,2}{0,85} \cdot 5957 = 8409,9 \text{ А.}$$

Выдержка времени МТЗ $t_3=0,5$ с.

Коэффициент чувствительности:

$$K_{\psi} = \frac{I_{\kappa.з. min}^{(2)}}{I_{с.з.}} \quad (32)$$

$$K_{\psi} = \frac{12690}{8409,9} = 1,51 > 1,5$$

При проверке на чувствительность принято значение минимального двухфазного тока короткого замыкания в точки К5 (рис.4.1).

МТЗ от сверхтоков проходит по чувствительности

Ток срабатывания реле составит:

$$I_{ср} = \frac{K_{сх}}{K_{та}} \cdot I_{сз} = \frac{1}{1200} \cdot 8409,9 = 7 \text{ А}$$

Реле типа РТ-40/10 проходит по требуемым условиям.

6.2.4. Максимальная токовая защита от перегрузки

$$I_{с.з.} = \frac{K_H}{K_{\theta}} \cdot I_{ном}, \quad (33)$$

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где k_H - коэффициент надежности, $k_H=1,05$;

k_B - коэффициент возврата, $k_B=0,85$

$$I_{с.з.} = \frac{1,05}{0,85} \cdot 5957 = 7358,6 \text{ A.}$$

Защита от перегрузок на чувствительность не проверяется.

Ток срабатывания реле составит:

$$I_{cp} = \frac{K_{cx}}{K_{ma}} \cdot I_{сз}$$

$$I_{cp} = \frac{1}{1200} \cdot 7358,6 = 6,1 \text{ A}$$

Реле типа РТ-40/10 проходит по требуемым условиям.

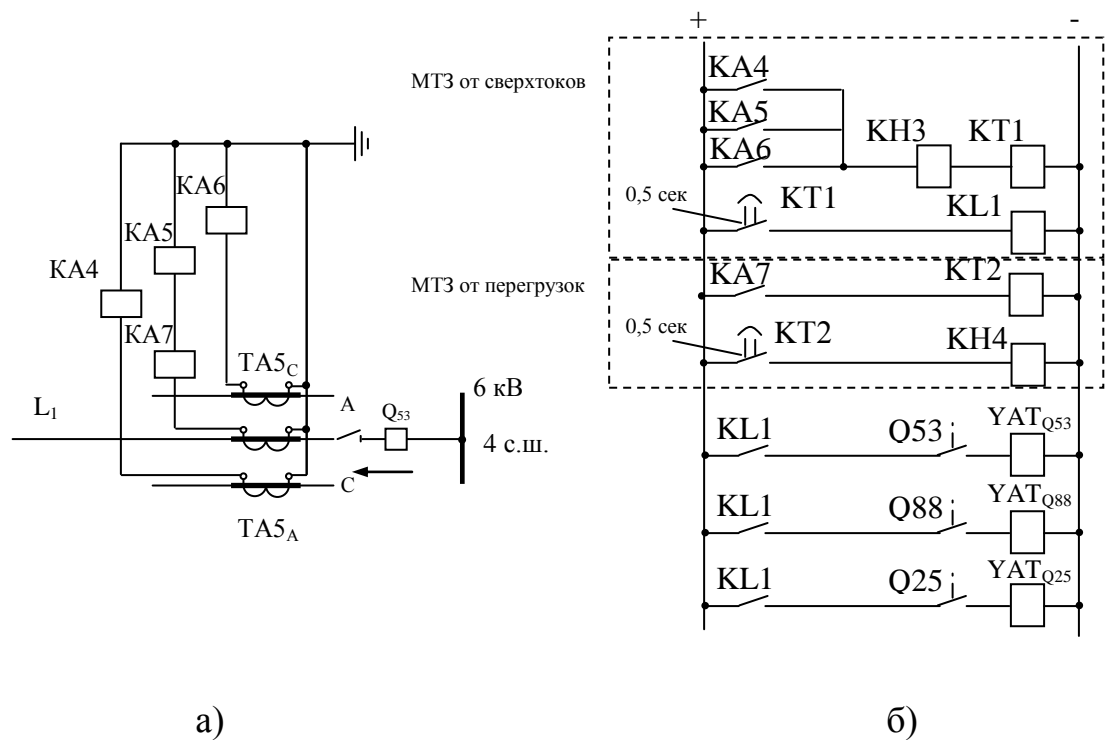


Рис.6.6.а. Схема включения

MT3

Рис.6.6.б. Схема оперативных

цепей

6.2.5. Максимальная токовая защита от неполнофазного режима

Под полнофазным режимом будем понимать нормальный рабочий режим при котором все три фазы токопровода находятся под напряжением.

Защиту целесообразно выполнить на базе реле минимального напряжения.

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения при выполнении пускового органа выбирается так, чтобы пусковой орган срабатывал только при полном исчезновении напряжения и не приходил в действие при понижениях напряжения, вызванных КЗ или самозапуском электродвигателей.

Из практики эксплуатации [13], большинстве случаев условиям удовлетворяет напряжение срабатывания, равное:

$$U_{cp} = (0,25 \div 0,4) \cdot U_{ном},$$

(34)

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение электроустановки.

Следовательно, принимаем к установке реле напряжения типа РН-53/60Д с $U_{сз}=0,35 \cdot 6300=2205$ В.

Напряжение срабатывания реле времени типа ЭВ-215К не регулируется, но по данным завода не превышает $0,35U_{ном}$. Поэтому к установке принимаем реле времени типа ЭВ-215К.

Принимаем уставку на реле времени порядка 0,6 секунд.

Напряжение срабатывания реле составит:

$$U_{cp} = \frac{\kappa_{сз}}{\kappa_{та}} \cdot U_{сз}, \text{ при трансформаторе напряжения типа НОМ-6 с}$$

коэффициентом трансформации $\kappa_T=6000/100$.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$U_{cp} = \frac{1}{60} \cdot 2205 = 36,75B$$

В перспективе данный комплекс защит можно заменить на микропроцессорный, например, Микон Р633.

6.3. АВР секционного выключателя II с.ш. и I с.ш.

Принимая во внимание наличие потребителей первой категории по бесперебойности электроснабжения [1] на участке проектирования собственных нужд гидроэлектростанции, схема питания должна быть реализована как минимум от двух источников питания с временем включения резерва на время работы устройств автоматики.

Опыт эксплуатации показывает, что АВР является очень эффективным средством повышения надежности электроснабжения. Успешность АВР составляет 90-95% [10]. Простота схем и высокая эффективность обуславливают применение системы АВР в данном случае.

6.3.1. Требования к схеме АВР

Все системы АВР должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Схема АВР должна приходить в действие при исчезновении напряжения на шинах потребителя по любой причине, в том числе при аварийном, ошибочном или самопроизвольном отключении выключателей рабочего источника питания, а также при исчезновении напряжения на шинах, от которых осуществляется питание рабочего

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

источника питания. Включение резервного источника часто допускается также при КЗ на шинах потребителя.

2. Для того чтобы уменьшить длительность прерывания питания потребителей, включение резервного источника должно производиться сразу же после отключения рабочего источника.

3. Действие АВР должно быть однократным, чтобы не допускать нескольких включений резервного источника питания на неустранившееся КЗ.

4. Схема АВР не должна приходить в действие до отключения выключателя рабочего источника, чтобы избежать включения резервного ис

точника на КЗ в неотключившемся рабочем источнике. Выполнение этого требования исключает также в отдельных случаях несинхронное включение двух источников питания.

5. Для того чтобы схема АВР действовала при исчезновении напряжения на шинах, питающих рабочий источник, когда его выключатель остается включенным, схема АВР должна дополняться специальным пусковым органом минимального напряжения.

6. Для ускорения отключения резервного источника при его включении на неустранившееся КЗ должно предусматриваться ускорение защиты резервного источника после АВР. Это особенно важно в тех случаях, когда потребители, потерявшие питание, подключаются к другому источнику, несущему нагрузку. Ускоренная защита обычно действует по цепи ускорения без выдержки времени. В установках же собственных нужд ускорение защиты осуществляется до 0,5 секунд. Такое замедление ускоренной защиты необходимо, чтобы предотвратить ее неправильное срабатывание в случае кратковременного замыкания контактов токовых реле в момент в

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

включения выключателя под действием толчка тока, обусловленного сдвигом по фазе между напряжением энергосистемы и затухающей ЭДС тормозящихся электродвигателей, который может достигать 180° .

6.3.2. Принцип действия схемы АВР

Учитывая условия и режимы работы участка проектирования, целесообразно задействовать схему АВР двухстороннего действия

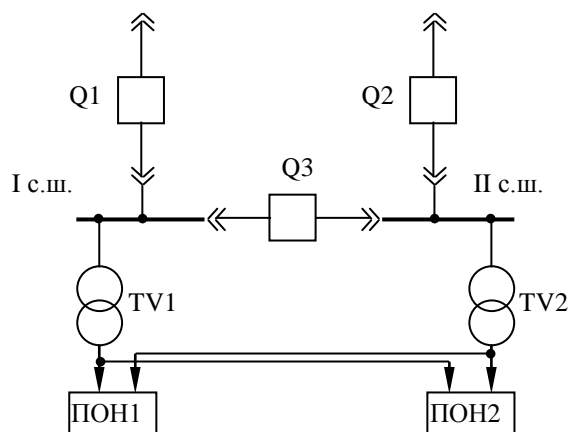


Рис.6.7. Схема АВР QF3 (силовые цепи)

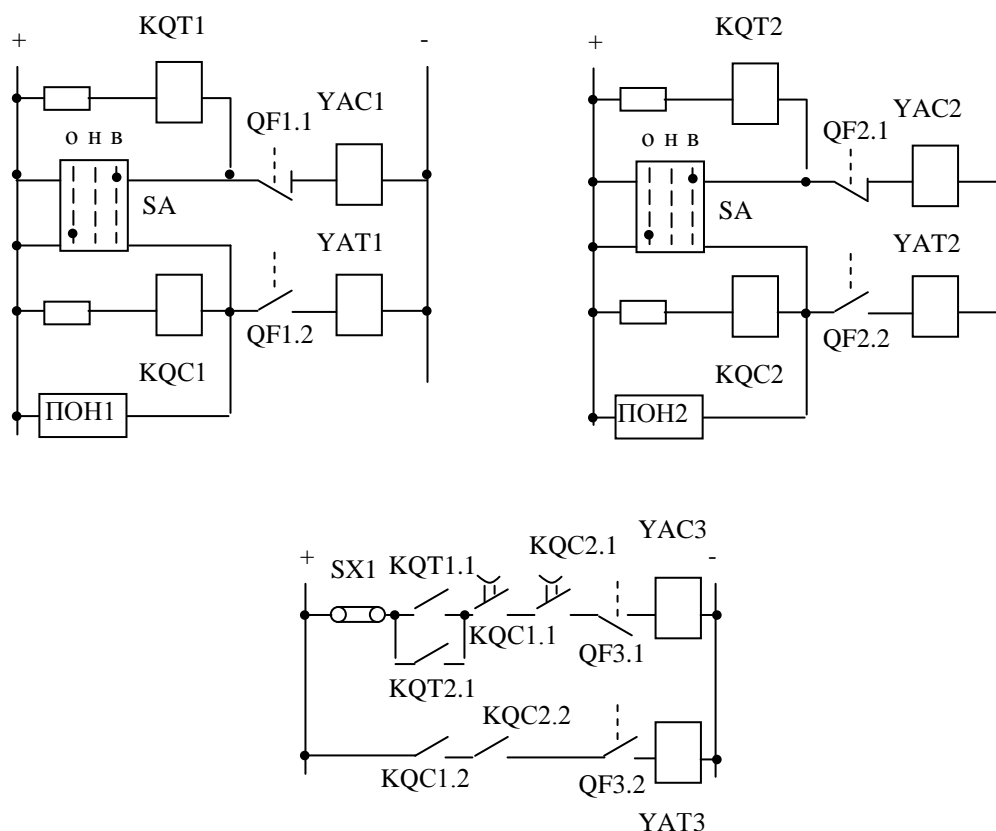


Рис.6.8. Схема оперативных цепей АВР QF3

Оба источника питания работают по схеме неявного резерва. QF3 в нормальном режиме отключен. Мощность каждого источника питания рассчитана так, чтобы обеспечить питание обеих шин.

QF1 и QF2 в нормальном режиме включены, соответственно Q1.1 – разомкнут, Q1.2. – замкнут, Q2.1. – разомкнут, Q2.2. – замкнут, KQT1-обесточена, KCC1 – под напряжением, KQT2 – обесточена, KQC2 – под напряжением, KQC1.1 и KQC2.1 – замкнуты, KQT1.1 – разомкнуты, QF9 – отключен, QF9.1. – замкнут.

Поводом для работы АВР может послужить:

1. Отключение по любым причинам QF1 или QF2
2. Исчезновение напряжения на шинах 35 с.ш. или 34 с.ш..

1. Отключился QF1 или QF2.

Пусть отключился QF1. Меняется положение его механических блокировок Q1.1. – замыкается, Q1.2. – размыкается. Теряет питание KQC1, получает KQT1, следовательно замыкаются его контакты KQT1.1. Поскольку теряет питание KQC, то размыкается его контакты KQC1.1 через выдержку времени. Следовательно, собирается цепь: +, KQT1.1, KQC1.1, KQC2.1, QF3, YAC3, -. Следовательно, выключатель QF3 включается и получают питания шины I с.ш. и II с.ш. от трансформатора 34Т.

Если QF3 включается на к.з., релейная защита его отключает. Снова замыкается QF3, но второй раз цепь на его включения собраться не может, т.к. KQC1.1. - разомкнут.

Если второй источник отремонтировали и вручную включают QF1, то QF3 автоматически отключается.

Если отключился QF2, то все будет работать симметрично.

2. Если пропало напряжение на шинах I с.ш. или II с.ш..

ПОН1 состоит из KV1 и KV2 (н.з.) и KV3 (н.р.)



TV1

ПОН2 состоит из KV3 и KV4 (н.з.) и KV1(н.р)



TV2

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

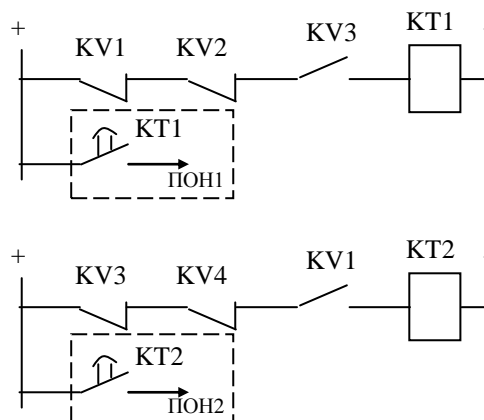


Рис.6.9. Схема пуска по отсутствию напряжения

Исчезло напряжение на шине I с.ш., следовательно, сработал ПОН1, следовательно, составила цепь на YAT1 выключателя QF1, QF1 отключается. Изменяется положение его механических блокировок и далее все аналогично выше описанному.

6.3.3. Расчет уставок АВР

6.3.3.1. Реле однократности включения

Выдержка времени промежуточного реле однократности включения $t_{o,в}$ от момента снятия напряжения с его обмотки до размыкания контакта должна с некоторым запасом превышать время включения выключателя резервного источника питания:

$$t_{o,в} = t_{вкл} + t_{зан},$$

(35)

где $t_{вкл}$ – время включения резервного источника питания ($t_{вкл}=0,02с.$);

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимаемое равным 0,3-0,5 с.

$$t_{o,6} = 0,02 + 0,3 = 0,32 \text{ с}$$

6.3.3.2. Пусковой орган минимального напряжения

Напряжение срабатывания минимального реле напряжения при выполнении пускового органа выбирается так, чтобы пусковой орган срабатывал только при полном исчезновении напряжения и не приходил в действие при понижениях напряжения, вызванных КЗ или самозапуском электродвигателей.

Из практики эксплуатации [13], большинстве случаев условиям удовлетворяет напряжение срабатывания, равное:

$$U_{\text{ср}} = (0,25 \div 0,4) \cdot U_{\text{ном}},$$

(36)

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электроустановки.

Следовательно, принимаем к установке реле напряжения типа РН-53/60Д с $U_{\text{ср}} = 0,35 \cdot 6300 = 2205 \text{ В}$.

Напряжение срабатывания реле времени типа ЭВ-215К не регулируется, но по данным завода не превышает $0,35U_{\text{ном}}$. Поэтому к установке принимаем реле времени типа ЭВ-215К.

Выдержка времени:

$$t_{n,o} = t_1 + \Delta t$$

$$t_{n,o} = t_2 + \Delta t,$$

где t_1 – наибольшая выдержка времени защиты присоединений, отходящих от шин высшего напряжения;

t_2 – наибольшая выдержка времени защит присоединений, отходящих от шин низшего напряжения;

Δt – ступень селективности, равная (0,4-0,5 с.).

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$t_{n,o} = 0,08 + 0,5 = 0,58 \text{ с}$$

$$t_{n,o} = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ с}$$

Принимаем уставку на реле времени порядка 0,6 секунд.

Напряжение срабатывания реле составит:

$$U_{cp} = \frac{\kappa_{cx}}{\kappa_{ma}} \cdot U_{сз} = \frac{1}{60} \cdot 2205 = 36,75 \text{ В} , \text{ при трансформаторе}$$

напряжения типа НОМ-6 с коэффициентом трансформации $\kappa_T=6000/100$.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

7. Экономическая часть

Экономическое обоснование является неотъемлемой частью дипломного проекта и служит для выбора наиболее эффективных решений в процессе проектирования.

7.1. Определение сметной стоимости предлагаемой реконструкции

Сметная стоимость [21] является основой для финансирования строительства, расчетов за выполнение строительно-монтажных работ, оплаты расходов по приобретению и доставке оборудования.

Смета затрат представляет собой сводный план всех расходов предприятия на предстоящий период производственно-финансовой деятельности. Она определяет общую сумму издержек производства по видам используемых ресурсов, стадиям производственной деятельности, уровням управления предприятием и другим направлениям расходов. В смету включаются затраты основного и вспомогательного производства, связанные с изготовлением и продажей продукции, товаров и услуг, а также на содержание административно-управленческого персонала, выполнение различных работ и услуг, в том числе и не входящих в основную производственную деятельность предприятия. Планирование видов затрат осуществляется в денежном выражении на предусмотренные в годовых проектах производственные программы, цели и задачи, выбранные экономические ресурсы и технологические средства их выполнения.

Для определения сметной стоимости используются сметные нормы на строительные работы, прейскуранты на оборудование, ценники на монтаж оборудования, единичные расценки - нормативы,

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Составление сметного документа в дипломной работе производится по ГЭСНм-2001-08 (Государственные Элементные Сметные Нормы на монтаж электротехнических установок). Настоящие ГЭСНм [20]предназначены для определения потребности в ресурсах (затраты труда рабочих, строительные машины, материалы) при выполнении работ по монтажу электротехнических установок и составления сметных расчетов (смет) ресурсным методом.

№ п/п	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат	Единицы измерения	Количество	
				на единицу измерения	общая величина
1	2	3	4	5	6
08-01-059-1		Демонтаж масляных выключателей		4	
1		Затраты труда рабочих-монтажников	чел.-ч	3,975	15,9
1.1		Средний разряд работы		2	
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч	0,505	2,02
3	МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ				
	021102	Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования 10т	маш.-ч	0,195	5,85
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш.-ч	0,195	5,85
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96 (16) кН(т)	маш.-ч	0,115	3,45
4	МАТЕРИАЛЫ				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг	0,675	20,25
	101-9852	Краска	кг	0,085	2,55
	500-9807	Оконцеватели маркировочные	100 шт.	0,05	1,5

	101-9925	Шайбы квадратные	100 шт.	0,02	0,6
08-01-059-1		Монтаж вакуумных выключателей		4	
1		Затраты труда рабочих-монтажников	чел.-ч	7,95	31,8

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6
1.1		Средний разряд работы		4	
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч	1,01	4,04
3	МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ				
	021102	Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования 10т	маш.-ч	0,39	11,7
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш.-ч	0,39	11,7
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96 (16) кН (т)	маш.-ч	0,23	6,9
4	МАТЕРИАЛЫ				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг	1,35	40,5
	101-9852	Краска	кг	0,17	5,1
	500-9807	Оконцеватели маркировочные	100 шт.	0,1	3
	101-9925	Шайбы квадратные	100 шт.	0,04	1,2
08-01-085-1	Демонтаж шкафов комплектных распределительных устройств (КРУ)			4	
1		Затраты труда рабочих-монтажников	чел.-ч	16,4	65,6
1.1		Средний разряд работы		2	
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч	12,2	48,8
3	МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ				
	021102	Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования 10 т	маш.-ч	1,59	47,7
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш.-ч	1,59	47,7
	040502	Установки для сварки ручной дуговой (постоянного тока)	маш.-ч	0,1	3
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96 (16) кН (т)	маш.-ч	9	270
4	МАТЕРИАЛЫ				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг	0,62	18,6

					Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

	101-1755	Сталь полосовая спокойная марки Ст3сп, шириной 50-200 мм толщиной 4-5 мм	т	0,0005	0,015
--	----------	--	---	--------	-------

Продолжение таблицы 6.1.

1	2	3	4	5	6
	101-9852	Краска	кг	0,1	3
	542-0031	Смазка универсальная тугоплавкая УТ (консталин жировой)	т	0,00015	0,0045
	113-0180	Спирт этиловый ректификованный технический, сорт I	т	0,0012	0,036
	101-0622	Миткаль "Т-2" суровый (суровье)	10 м	0,015	0,45
	500-9807	Оконцеватели маркировочные	100 шт.	0,01	0,3
	500-9625	Лента с запонками ЛМЗ	100 м	0,0125	0,375
08-01-085-1		Монтаж шкафов комплектных распределительных устройств		4	
1		Затраты труда рабочих-монтажников	чел.-ч	32,8	131,2
1.1		Средний разряд работы		4	
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч	24,4	97,6
3	МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ				
	021102	Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования 10т	маш.-ч	3,19	95,7
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш.-ч	3,19	95,7
	040502	Установки для сварки ручной дуговой (постоянного тока)	маш.-ч	0,2	6
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96 (16) кН (т)	маш.-ч	18	540
4	МАТЕРИАЛЫ				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг	1,23	36,9
	101-1755	Сталь полосовая спокойная марки Ст3сп, шириной 50-200 мм толщиной 4-5 мм	т	0,001	0,03
	101-9852	Краска	кг	0,2	6
	542-0031	Смазка универсальная тугоплавкая УТ (консталин жировой)	т	0,0003	0,009
	113-0180	Спирт этиловый ректификованный технический, сорт I	т	0,0024	0,072
	101-0622	Миткаль "Т-2" суровый (суровье)	10 м	0,03	0,9
	500-9807	Оконцеватели маркировочные	100 шт.	0,02	0,6
	500-9625	Лента с запонками ЛМЗ	100 м	0,025	0,75

Продолжение таблицы 7.1

	101-1924	Электроды диаметром 4 мм Э42А	кг	0,07	1,82
	101-9103	Дюбели распорные	100 шт.	0,014	0,364
	500-9081	Перемычки гибкие, тип ПГС-50	шт.	1	26
	101-9109	Дюбели для пристрелки	10 шт.	1,22	31,72

					Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

	101-9100	Патроны для пристрелки	10 шт.	1,22	31,72
ИТОГО по ресурсной ведомости:					
1		Затраты труда рабочих-монтажников	чел.-ч		244,5
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч		152,46
3	МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ				
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до8т	маш.-ч		143,4
	021102	Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования 10 т	маш.-ч		160,95
	040502	Установки для сварки ручной дуговой (постоянного тока)	маш.-ч		9
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96 (16) кН (т)			550,35
4	МАТЕРИАЛЫ				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг		116,25
	542-0031	Смазка универсальная тугоплавкая УТ (консталин жировой)	т		0,0135
	101-1924	Электроды диаметром 4 мм Э42А	кг		1,82
	101-9852	Краска	кг		16,65
	500-9807	Оконцеватели маркировочные	100 шт.		5,4
	500-9081	Перемычки гибкие, тип ПГС-50	шт.		65
	500-9500	Бирки маркировочные	100 шт.		1,3
	500-96-25	Лента с запонками ЛМЗ	100 м		1,125
	101-9109	Дюбели для пристрелки	10 шт.	1,22	31,72
	101-9100	Патроны для пристрелки	10 шт.	1,22	31,72
	101-9925	Шайбы квадратные	100 шт.		1,8
	101-1755	Сталь полосовая спокойная марки СтЗсп, шириной 50-200 мм толщиной 4-5 мм	кг		0,045
	101-9103	Дюбели распорные	100 шт.		0,364
	113-0180	Спирт этиловый ректификованный технический, сорт I	т		0,108
	101-0622	Миткаль "Т-2" суровый (суровье)	10 м		1,35

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

В дипломном проекте предлагается реконструкция выключателей нагрузки. Необходимые расходы на оборудование представлены в таблице 7.2. [22]. Выключатель ВБ/ТЭК-2-10-40/3150-В-УЗ можно приобрести у компании производителя ООО "НПФ Техэнергокомплекс" [23].

Таблица 7.2 - Смета на оборудование

№ п/п	Наименование оборудование	Кол-во, шт.	Стоимость, без НДС, руб./шт.	Общая стоимость, руб.
1	ВБ/ТЭК-2-10-40/3150-В-УЗ	2	252 080	504160
2	Ячейка КРУ-2-10	4	10 000	40 000
3	Итого:			544160

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

8. Охрана труда

Охрана труда — это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Эта система включает в себя такие службы как техника безопасности и промышленной санитарии по отраслям хозяйства, а также государственные органы технического и санитарного надзора, деятельность которых направлена на всемерное улучшение условий труда на предприятиях и обеспечение выполнения правил по технике безопасности и норм промышленной санитарии.

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (далее - Правила) [14] распространяются на работников из числа электротехнического, электротехнологического и неэлектротехнического персонала, а также на работодателей (физических и юридических лиц, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм), занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя.

Работодатель в зависимости от специфики своей деятельности вправе устанавливать дополнительные требования безопасности, не противоречащие Правилам [25]. Требования охраны труда должны содержаться в соответствующих инструкциях по охране труда,

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

доводиться до работника в виде распоряжений, указаний, инструктажа.

Машины, аппараты, линии и вспомогательное оборудование (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенные для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии (далее - электроустановки) должны находиться в технически исправном состоянии, обеспечивающем безопасные условия труда.

Электроустановки должны быть укомплектованы испытанными, готовыми к использованию защитными средствами и изделиями медицинского назначения для оказания первой помощи работникам в соответствии с действующими правилами и нормами.

В организациях должен осуществляться контроль за соблюдением Правил, требований инструкций по охране труда, контроль за проведением инструктажей. Ответственность за состояние охраны труда в организации несет работодатель, который вправе передать свои права и функции по этому вопросу руководящему работнику организации, наделенному в установленном порядке административными функциями (главный инженер, вице-президент, технический директор, заместитель директора), руководителю филиала, руководителю представительства организации (далее - обособленное подразделение) распорядительным документом.

Лица, виновные в нарушении требований Правил, привлекаются к ответственности в установленном порядке.[25]

8.1 Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током.

Помещения отбельного цеха по степени поражения электрическим током подразделяются на три категории.[1]

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Помещения с повышенной опасностью характеризуются: наличием сырости или пыли, токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных); высокой температурой окружающего воздуха; возможностью одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования, с одной стороны, и к металлическим конструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, имеющим соединение с земле, — с другой.

Особо опасные помещения характеризуются: наличием особой сырости, химически активной среды, одновременным наличием двух и больше условий повышенной опасности.

Помещения без повышенной опасности — это сухие отапливаемые помещения без токопроводящей пыли с температурой воздуха не выше 30°C, с токонепроводящими полами, где исключена возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий и сооружений и механизмам, имеющим соединение с землей, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, — с другой.

К помещениям особо опасным в отбельном цехе относятся душевые помещения. К помещениям с повышенной опасностью относятся практически все помещения цеха.[25]

8.2 Охрана труда при производстве работ в действующих электроустановках

Работы в действующих электроустановках должны проводиться [25]:

по заданию на производство работы, оформленному на специальном бланке установленной формы и определяющему содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

работы (далее - наряд-допуск, наряд).

по распоряжению;

на основании перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Не допускается самовольное проведение работ в действующих электроустановках, а также расширение рабочих мест и объема задания, определенных нарядом, распоряжением или утвержденным работодателем перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Выполнение работ в месте проведения работ по другому наряду должно согласовываться с работником, выдавшим первый наряд (ответственным руководителем или производителем работ).

Согласование оформляется до начала подготовки рабочего места по второму наряду записью "Согласовано" на лицевой стороне второго наряда, располагаемой в левом нижнем поле документа с подписями работников, согласующих документ.[25]

Организационные мероприятия по обеспечению безопасного проведения работ в электроустановках.

При обслуживании электрооборудования и электроустановок персонал осуществляет выполнение мероприятий, предусмотренных «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» [25].

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- оформление наряда, распоряжением или перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе;
- допуск к работе;

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Работниками, ответственными за безопасное ведение работ в электроустановках являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- выдающий разрешение на подготовку рабочего места и на допуск;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- члены бригады.

Право выдачи нарядов и распоряжений предоставляется работникам из числа административно-технического персонала организации, имеющим группу V – в электроустановках напряжением выше 1000В и группу IV – в электроустановках напряжением до 1000 В[14].

В случае отсутствия работников, имеющих право выдачи нарядов и распоряжений, при работах по предотвращению аварий и ликвидации их последствий допускается выдача нарядов и распоряжений работникам из числа оперативного персонала, имеющим группу IV. Предоставление оперативному персоналу права выдачи нарядов и распоряжений должно быть оформлено письменным указанием руководителя организации.

8.3 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия[25]:

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

- установлено заземление;

- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

При подготовке рабочего места должны быть отключены:

токоведущие части, на которых будут производиться работы;

не огражденные токоведущие части, к которым возможно случайное приближение людей, механизмов и грузоподъемных машин

цепи управления и питания приводов, закрыт воздух в системах управления коммутационными аппаратами, выключателей и разъединителей.

В электроустановках напряжением выше 1000 В с каждой стороны, с которой коммутационным аппаратом на рабочее место может быть подано напряжение, должен быть видимый разрыв. Видимый разрыв может быть создан отключением разъединителей, снятием предохранителей, отключением отделителей, и выключателей нагрузки, отсоединением или снятием шин и проводов.

Силовые трансформаторы и трансформаторы напряжения, связанные с выделенным для работ участком электроустановки, должны

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

быть отключены и схемы их разобраны также со стороны других своих обмоток для исключения возможности обратной трансформации.

После отключения выключателей, разъединителей (отделителей) и выключателей нагрузки с ручным управлением необходимо визуально убедиться в их отключении и отсутствии шунтирующих перемычек.

В электроустановках напряжением выше 1000 В для предотвращения ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов, которыми может быть подано напряжение к месту работы, должны быть приняты следующие меры:

- у разъединителей, отделителей, выключателей нагрузки ручные приводы в отключенном положении должны быть заперты на механический замок (в электроустановках напряжением 6-10 кВ с однополюсными разъединителями вместо механического замка допускается надевать на ножи диэлектрические колпаки);

- у разъединителей, управляемых оперативной штангой, стационарные ограждения должны быть заперты на механический замок;

- у приводов коммутационных аппаратов, имеющих дистанционное управление, должны быть отключены силовые цепи и цепи управления, а у пневматических приводов, кроме того, на подводящем трубопроводе сжатого воздуха должна быть закрыта и заперта на механический замок задвижка и выпущен сжатый воздух, при этом спускные клапаны должны быть оставлены в открытом положении; должны быть вывешены запрещающие плакаты.

В электроустановках напряжением до 1000 В со всех токоведущих частей, на которых будет проводиться работа, напряжение должно быть снято отключением коммутационных аппаратов с ручным приводом, а при наличии в схеме предохранителей - снятием последних. При отсутствии в схеме предохранителей предотвращение ошибочного

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

включения коммутационных аппаратов должно быть обеспечено такими мерами, как запираание рукояток или дверец шкафа, закрытие кнопок, установка между контактами коммутационного аппарата изолирующих накладок и др. При снятии напряжения коммутационным аппаратом с дистанционным управлением необходимо разомкнуть вторичную цепь включающей катушки.

Перечисленные меры могут быть заменены расшиновкой или отсоединением кабеля, проводов от коммутационного аппарата либо от оборудования, на котором должны проводиться работы.

Необходимо вывесить запрещающие плакаты.

На приводах (рукоятках приводов) коммутационных аппаратов с ручным управлением (выключателей, отделителей, разъединителей, рубильников, автоматов) во избежание подачи напряжения на рабочее место должны быть вывешены плакаты «Не включать! Работают люди».

У однополюсных разъединителей плакаты вешиваются на приводе каждого полюса, у разъединителей, управляемых оперативной штангой, - на ограждениях. На задвижках, закрывающих доступ воздуха в пневматические приводы разъединителей, вешивается плакат «Не открывать! Работают люди».

На присоединениях напряжением до 1000 В, не имеющих коммутационных аппаратов, плакат «Не включать! Работают люди» должен быть вывешен у снятых предохранителей.

Плакаты должны быть вывешены на ключах и кнопках дистанционного и местного управления, а также на автоматах или у места снятых предохранителей цепей управления и силовых цепей питания приводов коммутационных аппаратов.

На приводах разъединителей, которыми отключена для работы ВЛ или КЛ, независимо от числа работающих бригад, вешивается один плакат «Не включать! Работа на линии». Этот плакат вешивается и

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

снимается по указанию оперативного персонала, ведущего учет числа работающих на линии бригад.

Проверять отсутствие напряжения необходимо указателем напряжения, исправность которого перед применением должна быть установлена с помощью предназначенных для этой цели специальных приборов или приближением к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением .

Устанавливать заземления на токоведущие части необходимо непосредственно после проверки отсутствия напряжения.

Переносное заземление сначала нужно присоединить к заземляющему устройству, а затем, после проверки отсутствия напряжения, установить на токоведущие части.

Снимать переносное заземление необходимо в обратной последовательности: сначала снять его с токоведущих частей, а затем отсоединить от заземляющего устройства.

В электроустановках должны быть вывешены плакаты «Заземлено» на приводах разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок электроустановки, и на ключах и кнопках дистанционного управления коммутационными аппаратами.[25]

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе анализа технологического процесса становится ясно, что технологический поток является одним процессом, объединяющим в себя варочный, отбельный и сушильный цеха. Причем объединяет собой технологическое оборудование не только географически, но во времени. Как следствие, такое положение дел, ведет за собой некоторые особенности, а именно, электроснабжение исследуемого – отбельного цеха взаимосвязано с электроснабжением других цехов – варочного и сушильного. Взаимосвязь предполагает взаимное резервирование шин цехов. Поэтому, в расчетах пришлось учесть нагрузки смежных цехов для выявления максимальных послеаварийных нагрузок.

Расчет нагрузок отбельного цеха II с.ш. и IV с.ш. в часы максимальных нагрузок потребляют порядка 18461,73 кВА и 16715,66 кВА соответственно. Однако, рассматриваемые шины так же являются резервными для шин сушильного цеха, имеющего нагрузки распределенные по I с.ш. и III с.ш. I с.ш. потребляет 7562,51 кВА, III с.ш. – 11477 кВА. Резервирование шин выполнено парно, то есть II с.ш. резервирует I с.ш. и наоборот – I с.ш. резервирует II с.ш. в зависимости от места развития аварии. Та же ситуация наблюдается и у III с.ш. с IV с.ш. Причем топология сети высшего уровня предполагает взаимное резервирование рассмотренных пар на уровне питающих токопроводов ШПЗ и ШП4.

Данный уровень резервирования достигает 4-го порядка, что вполне согласуется с требованиями [1] в отношении потребителей 1 и 2 категорий по бесперебойности электроснабжения, а так же с требованиями по отношению требований технологической обработки древесины.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Проведя предварительное соответствие электрооборудования отбельного цеха к токовой нагрузке, было выявлено, что все установленное электрооборудование в схеме электроснабжения цеха проходит по условиям длительно допустимых токов и токов максимального рабочего режима. Причем, практически для всего оборудования, имеется запас прочности, ориентировочно, порядка 35,41% для вводных и секционных выключателей; 36,98% - для секций шин; 72,05% - для выключателей нагрузки.

Расчет значений токов короткого замыкания показал, что наибольший ударный трехфазный ток будет наблюдаться на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-6, величина его достигнет в момент времени $t=0,01$ секунды порядка 171,7 кА.

Окончательная проверка установленного электрооборудования отбельного цеха показало, что номинальные параметры оборудования значительно превосходят максимальные значения токов короткого замыкания на шинах присоединения. Данное обстоятельство, можно прокомментировать наличием сдвоенных реакторов, позволяющим значительно снизить токовую нагрузку за счет значительного индуктивного сопротивления. Если проанализировать значения токов к.з. (см.табл. 4.1), то можно отметить значительное отличие ударного трехфазного тока короткого замыкания в точке К1 (на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-6) и в точке К4 (на шинах исследуемого РП-7^б). Отличие составляет порядка 395%. При длине токопровода от точки К1 до К4 равной 634 метра, такое различие возможно только при наличии сдвоенного реактора, который наглядно показывает свою значимость во время аварийных ситуаций.

Специальная часть проекта посвящена расчету уставок релейной защиты и автоматики токопровода ШП-3.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Анализ режимов работы токопровода показал, что для должного уровня защиты от разрушающего действия токов короткого замыкания необходимо установить следующие типы релейных защит:

- Продольная дифференциальная токовая защита;
- Токовая отсечка;
- Максимальная токовая защита;
- Максимальная токовая защита от перегрузки;
- Максимальная токовая защита от неполнофазного режима.

Особенностью отстройки дифференциальной защиты является отсутствие выключателей со стороны нагрузки. Так же со стороны теплоэлектростанций ТЭС-2, ТЭС-3 имеет место постоянная подпитка электроэнергии. Таким образом, для полного отключения повреждения необходимо выходные цепи исполнительных реле ДЗТ-11/4 выводить не только на выключатель Q_{53} шин ТЭЦ-6, но еще и на выключатели Q_{88} и Q_{15} шин ТЭС-2 и ТЭС-3 соответственно.

Данное обстоятельство повлечет за собой нежелательное удлинение количества и длин кабелей. Однако требования [1] иначе выполнить не удастся.

Токовая отсечка отстроена от наиболее удаленного тока трехфазного короткого замыкания за реактором LR_1 . То есть зона действия токовой отсечки должна покрыть почти всю длину токопровода ШП-3.

Максимальная токовая защита выполнена совместно с блокировкой по минимальному напряжению, что дает гарантированное действие защиты на всей протяженности токопровода, включая реактор LR_1 .

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Учитывая то обстоятельство, что нагрузка токопровода более чем на 90% является трехфазной, Защита от перегрузки включена в одну фазу.

Защита от неполнофазного режима выполнена на базе реле минимального напряжения, приходящего в действие только в том, случае, если на отдельной фазе или всех трех полностью пропадает напряжение.

Данный комплекс релейных защит должен обеспечить полную защиту исследуемого токопровода.

В качестве автоматики рассмотрена система автоматического включения резерва I с.ш. и II с.ш. посредством секционного выключателя Q₃, проверка которого произведена при исследовании нагрузок отбельного цеха.

В экономическом разделе произведен расчет сметной стоимости реконструкции масляных выключателей на вакуумные. Расчет показал, что для приобретения выключателей и ячеек КРУ, потребуется сумма порядка 544160 руб.

В разделе «Охрана труда» рассмотрены классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током, требования к безопасности при производстве работ в действующих электроустановках, а так же технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ПУЭ. Седьмое издание, переработанное и дополненное, с изменениями. Главгосэнергонадзор России, Москва 2003.
2. ГОСТ 15175-03
3. Борбат В.С. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие. Братск 2003.
4. Федоров А.А., Старков Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. Москва. Энергоатомиздат, 1987.
5. Емцев А.Н. Электрическая часть станций и подстанций. Проектирование электрической части ТЭЦ. Учебное пособие. Братск 2005.
6. Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы. Издательство «Энергия», 1978.
7. Альбом №56. Данные токопроводов ШП-3,4. Мосэнергостройпроект, Москва, 1968.
8. Техника высоких напряжений. М.Бейер, В. Бек, К. Меллер, В. Цаенгль; под ред. В.П. Ларионова – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 555 с:ил.
9. Ульянов С.А.. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. «ЭНЕРГИЯ», МОСКВА 1970.
10. Релейная защита электрических систем. Учебник для вузов А.М. Федосеев. М., «Энергия», 1976 г.
11. Попик В.А. Защита трехобмоточных понижающих трансформаторов и автотрансформаторов(Примеры расчетов). Методическое пособие. Братск 1999.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

12. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 18а.
Релейная защита шин 6–35 кВ. Расчеты. – М.: Энергоатомиздат. 1985.
13. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. В.А. Андреев, Е.В. Бондаренко. Москва, «Высшая школа», 1975
14. Емцев А.Н., Попик В.А. Изображение и обозначение элементов электрических систем: метод. указания к выполнению дипломного проекта. – Братск: БрГУ, 2011. – 60 с.
15. Экономика и управление в энергетике: учеб пособие для студ. сред. проф. учеб. заведений / Т.Ф. Басова, Н.Н. Кожевников, Э.Г. Леонова и др.; Под ред. Н.Н. Кожевникова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 384 с.
16. Электротехнический справочник: в 4х т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова и др.; гл. ред. А.И. Попов; 8е изд., испр. и доп. М.: Издательство МЭИ, 2002. 964 с.
17. Борбат В.С. “Электроснабжение промышленных предприятий” учебное пособие. Братск: БрГУ, 2002
18. Электротехнический справочник. Под общей редакцией В.Г. Герасимова. Москва, изд. МЭИ, 2002г.
19. Бастрон, А.В. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: лабор. практикум / А.В. Бастрон. Красноярск, 2004. 268 с
20. Государственные элементные сметные нормы на монтаж оборудования, ГЭСн-2001, 8е изд.
21. Выбор оптимального комплекса электромонтажных работ. Методические указания. С.М. Игнатьева. Братск 2001
22. http://www.equipnet.ru/equip/equip_49967.html

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

23. [http://www.tecomplex.ru/index.php?id=44&option=com_content
&view=article](http://www.tecomplex.ru/index.php?id=44&option=com_content&view=article)

24. Охрана труда в электроустановках. Под редакцией Князевского Б.А. 3-е изд. переработанное и дополненное. Москва Энергоатомиздат. 1983г.336 стр.

25. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, ПОТ от 04.08 2014.

						Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		