

## Введение

В работе проводится исследование схемы электроснабжения сушильного цеха целлюлозного завода Усть-Илимского лесопромышленного комплекса. В состав цехов целлюлозного завода входят: варочно-промывной цех (ВПЦ), отбельно-очистной цех (ООЦ), сушильный цех (СЦ), на которых базирован основной технологический процесс. В связи с постоянно растущим в последние годы объемом выпускаемой продукции увеличилась энергоемкость оборудования. В связи с этим возникает необходимость проверки установленного электрооборудования, и в случае неудовлетворительных результатов его модернизация или замена.

В работе проводится анализ: низковольтной нагрузки на шинах комплектных трансформаторных подстанций (КТП); высоковольтной нагрузки (РП-3, РП-4, РП-5, РП-6); проверяются установленные трансформаторы связи 10/6 кВ РП-3/5 типа ТДНС-10000/10. На основе расчетов токов короткого замыкания проверяется основное высоковольтное оборудование: динамическая устойчивость шин, установленных на распределительных пунктах; производится проверочный расчет кабельных линий, проложенных от РП-3 до РП-5, а также от РП-5 до высоковольтных потребителей 6 кВ; проверяются установленные выключатели на возможность отключения апериодической составляющей тока КЗ, по включающей возможности, на электродинамическую и термическую стойкость и разъединители на стойкость к токам КЗ, а также проверяется установленные трансформаторы тока и напряжения.

В специальной части работы приводится расчет параметров срабатывания микропроцессорного терминала защиты МІСОМ-Р632 трансформатора ТДНС10000/10

В экономической части приводится смета на демонтаж старого и монтаж нового выключателя.

В разделе техника безопасности рассмотрены, организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках. Вредные и опасные факторы влияющие на рабочих в цеху и меры по уменьшению воздействия этих факторов на работников.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						7
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

# 1. Общая характеристика целлюлозного завода

## 1.1 Общие сведения

Усть-Илимский лесопромышленный комплекс (филиал ОАО “Группа “Илим” в городе Усть-Илимске) является одним из лесохимических предприятий в стране. Он располагает огромными лесными, водными и энергетическими ресурсами. Усть-Илимский целлюлозный завод, наряду с Илимским лесоперевалочным управлением, заводом подготовки древесного сырья, комплексом сооружений по водоснабжению и очистке сточных вод, ремонтно-механическим заводом, является структурным подразделением лесопромышленного комплекса. Кроме того, имеются подразделения по обслуживанию комплекса железнодорожным транспортом, энергоснабжением, строительству и капитальному ремонту зданий и сооружений, общественному питанию, подготовке кадров.

Целлюлозный завод по праву считается флагманом среди предприятий отрасли. Его основные цеха сосредоточены под одной крышей, что дало значительную экономию средств, позволило снизить эксплуатационные затраты и обеспечить нормальные условия труда. За счет комплексного использования вторичных энергетических ресурсов коры, опилок, сухого остатка черного щелока, отходов лесохимии завод способен покрывать свои нужды в тепловой энергии. Но при этом присутствуют большие недостатки: большая стесненность в расположении оборудования в основных цехах завода при неоправданно больших площадях коммуникационных переходов, что затрудняет работы по техническому перевооружению завода; неудачное размещение оборудования РУ 6-10 кВ, КТП –10/0,4 кВ на отметках ниже технологических трубопроводов, систем отопления и вентиляции, что при эксплуатационных неполадках в этих системах приведет к заливанию электрооборудования водой и технологическими жидкостями, аварийному его отключению.

Целлюлозный завод выпускает беленную сульфатную целлюлозу различных марок: целлюлоза беленая хвойная высших марок; небеленую целлюлозу тарного картона; продукцию лесохимического производства: скипидар, таловое масло, канифоль, жирные кислоты. Проектная мощность завода 500 тыс. тонн беленой сульфатной целлюлозы, 50,4 тыс. тонн небеленой целлюлозы из отходов сортирования технологической щепы и опилок. Завершена разработка проекта реконструкции УИ ЦЗ, целью которого является увеличение проектной мощности по производству товарной беленой

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						8
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

целлюлозы с 500 тысяч до 630 тысяч тонн в год. Значительная часть произведенной продукции уходит на экспорт в страны Юго-Восточного бассейна и Европы: Китай, Корея, Япония, Тунис, Германия, Италия, Великобритания, Греция, Нидерланды.

Климат, в котором находится предприятие, резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким, но сравнительно жарким летом.

Абсолютный максимум температуры + 37 °

Абсолютный минимум температуры - 56 °

Наиболее холодный месяц - январь

Наиболее теплый месяц - июль

Расчетная температура для проектирования массивных ограждающих конструкций и отопления составляет – 46 ° С.

Среднегодовое количество осадков составляет 354 мм. За холодный период года выпадает 70 мм осадков, за теплый период 284 мм.

Средняя высота снежного покрова за зиму равна 51 см. Наиболее неблагоприятные ветра, северных и северо-восточных направлений, несущие на город промышленные выбросы, а так же штили, при которых выбросы могут надолго задержаться в атмосфере над городом.

Сильные ветра со скоростью более 10 м/сек наблюдается в году до 35 дней. Одним из основных атмосферных явлений в этом районе являются туманы. Среднее число дней с туманами в год - 44 дня.

## 1.2 Технологический процесс производства целлюлозы

В составе целлюлозного завода находятся:

- древесно-подготовительное предприятие: древесно-подготовительный цех (ДПЦ); закрытый склад коры, щепы и опилок (ЗСКЩО); производство целлюлозы (ПЦ); варочно-промывной цех (ВПЦ); отбельно-очистной цех (ООЦ); сушильный цех (СЦ)
- вспомогательные цеха и участки: участок аэро-фонтанной сушки; выпарной цех; цех каустизации и регенерации извести (ЦКРИ); теплоэнергосети (ТЭС); котло-турбинный цех (КТЦ); содорегенерационные котлы (СРК 1,2,3); цех очистки стоков (ОС); упаковочный участок; склад готовой продукции (СГП).
- склады двуокиси хлора; материальные склады, цех по озеленению и уборки территории, цех капитального ремонта.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						9
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Древесно-подготовительный цех предназначен для переработки балансов в объеме 1496 тыс. м<sup>3</sup> в год на технологическую щепу. Склады щепы, коры и опилок предназначены для приемки, хранения, подготовки и подачи на варку 2827 тыс. м<sup>3</sup> технологической щепы в год. Приемное устройство для щепы железнодорожной поставки предназначено для выгрузки 285 тыс. м<sup>3</sup> технологической щепы в год. Щепы из закрытого склада конвейером подается в варочный цех.

В варочном цехе производства целлюлозы усть-илимского целлюлозного завода имеется три отдельных технологических потока. Установка непрерывной варки производительностью 860 т/сутки имеет две загрузочные линии, каждая из которых обеспечивает проектную производительность. Одна из линий постоянно находится в резерве.

После варки целлюлозная масса промывается от черного щелока и растворенных веществ горячей водой. Затем производится сортировка промытой массы от сучков, непровара, короткого волокна и других не целлюлозных включений. Промытая и отсортированная целлюлоза подается в отбельный цех.

Отбельный цех оборудован двумя отбельными установками непрерывного действия для производства беленой сульфатной целлюлозы и двумя установками вторичного сортирования сульфатной целлюлозы. Основная цель отбели – достичь определенной степени белизны целлюлозного волокна. При этом необходимо сохранить прочность сульфатной целлюлозы, а также максимально уменьшить стоимость процесса. Повышенная белизна при меньшей степени деградации целлюлозы достигается при небольшом расходе отбеливающих веществ, применением ступенчатой обработки целлюлозы химикатами с промежуточной промывкой между ступенями. Целлюлоза, поступающая на отбелку, предварительно проходит кислородно-щелочную обработку, что значительно сокращает количество сбрасываемых хлорсодержащих вод и расход отбеливающих веществ.

Сушильный цех предназначен для сушки и обезвоживания сульфатной целлюлозы после отбели и сортирования, состоит из двух технологических потоков производительностью 250 тыс. тонн беленой целлюлозы в год каждый.

### 1.3 Электроснабжение потребителей целлюлозного завода и производства целлюлозы

Электроснабжение потребителей целлюлозного завода осуществляется на напряжении 6-10 кВ. Целлюлозный завод является крупным потребителем тепла и элек-

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

трической энергии, поэтому в качестве источника питания выступает теплоэлектроцентраль. Усть-Илимская ТЭЦ на угле обеспечивает промышленные предприятия промплощадки ЛПК и города электро и теплоэнергией. На станции смонтировано семь котлов типа БКЗ-420-140 суммарной производительностью 2940 тонн пара в час, и шесть генераторов суммарной установленной мощностью 565 тыс. кВт. За год станция вырабатывает в среднем 1 млрд. 600млн. кВт\*ч электроэнергии и 1 млн. 400 тыс. Гкал тепловой энергии.

Также имеется собственная ГРУ ТЭС, в которой вырабатывается электроэнергия пятью турбогенераторами мощностью 6 МВт и 12 МВт, и суммарной установленной мощностью 48 МВт. Данные источники электрической энергии обеспечивают надежность электроснабжения потребителей производства целлюлозы.

Основная нагрузка – потребители главного корпуса ЦЗ и объектов приема, подготовки, обработки и транспорта древесины и щепы – питаются от генераторного РУ теплоэлектроцентрали (ГРУ 10 кВ ТЭЦ) по двухцепному магистральному токопроводу 10 кВ. Подключение распределительных устройств к токопроводам осуществляется через реакторы. Все РУ 10 кВ (РП) двухсекционные с раздельной работой секций в нормальном режиме.

Шины 0,4 кВ цеховых комплектных трансформаторных подстанций КТП 10/0,4 кВ секционированы по количеству трансформаторов и соединяются попарно с помощью секционных автоматов, нормально отключенных. Параллельная работа трансформаторов на стороне 0,4 кВ не допускается по условиям устойчивости аппаратуры и ошиновки 0,4 кВ. Комплектные трансформаторные подстанции 10/0,4кВ сушильного цеха запитаны от распределительных пунктов 10кВ (РП-3,4), вакуумные компрессора – от распределительных пунктов 6кВ (РП5,6).

Схема электроснабжения ЦЗ спроектирована по блочной системе в соответствии с технологическими потоками и построением генплана, позволяет осуществить ввод системы электроснабжения согласно вводам технологических мощностей и учитывает возможность перспективы развития завода без коренной реконструкции существующей схемы электроснабжения.

По степени надежности электроснабжения, согласно ПУЭ [1], основные электроприемники (ЭП) целлюлозного завода относятся ко II категории и допускают перерыв в электроснабжении на время, требуемое для включения резервного питания устройствами АВР. Кроме того, имеется ряд ЭП I категории, т.к. в случае остановки техно-

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						11
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

логического оборудования происходит расстройство сложного технологического процесса, что влечет за собой массовый брак.

Целлюлозный завод характеризуется значительным применением высоковольтных и низковольтных электродвигателей.

Основными приемниками электроэнергии цехов завода являются:

1. Синхронные электродвигатели 10 и 6 кВ рубительных машин, компрессоров, воздуходувок и насосов;
2. Асинхронные электродвигатели 6 кВ производственных механизмов;
3. Асинхронные электродвигатели 380 В и приводы технологических и сантехнических механизмов;
4. Электрическое освещение.

Работа основных цехов завода предусматривается в 2 смены. Общая численность электротехнического персонала ЦЗ составляет около 450 человек. Суммарная нагрузка установленного основного электрооборудования ЦЗ составляет примерно 85 МВА.

Электротехнический персонал подразделяется на оперативный и ремонтный. Оперативный персонал осуществляет оперативные переключения и допуски бригад ремонтного персонала в электроустановки цеха. Ремонтный персонал производит текущий, капитальный ремонт, а также профилактическое обслуживание электрооборудования производства целлюлозы.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

## 2. Расчет электрических нагрузок

### 2.1 Расчет низковольтных нагрузок сушильного цеха

Создание каждого промышленного объекта начинается с его проектирования. Не простое суммирование установленных (номинальных) мощностей электроприемников, а определение ожидаемых (расчетных) значений электрических нагрузок. Расчетная максимальная мощность, потребляемая электроприемниками, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих приемников. Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок и обеспечение необходимой степени бесперебойности их питания имеют большое значение. От этого расчета зависят исходные данные для выбора всех элементов систем электроснабжения промышленного предприятия и денежные затраты при монтаже и эксплуатации выбранного электрооборудования. Завышение ожидаемых нагрузок приводит к удорожанию строительства, перерасходу проводникового материала и неоправданному увеличению мощности трансформаторов и другого оборудования. Занижение может привести к уменьшению пропускной способности электрической сети, к лишним потерям мощности, перегреву проводов, кабелей и трансформаторов, и, следовательно, к сокращению срока их службы.

К основным методам определения расчетных электрических нагрузок относят следующие [2;4]:

1. метод упорядоченных диаграмм (метод коэффициента максимума);
2. по удельному потреблению электроэнергии на единицу продукции;
3. метод коэффициента спроса;
4. по удельной плотности электрической нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  производственной площади.

В расчетах будем опираться на первый и третий из этих методов.

Для цеха, электроснабжение которого в проекте разрабатывается подробно, расчет электрических нагрузок рекомендуется производить по методу упорядоченных диаграмм, т.е. по средней мощности и коэффициенту максимума. Этот метод достаточно точен, может считаться вручную или на персональном компьютере (табулирован).

Расчет низковольтной нагрузки сушильного цеха произведем на примере комплектной трансформаторной подстанции КТП-49. Для этого все рабочие электроприемники в пределах расчетного узла разбиваем на характерные группы приемников с переменными и практически постоянными графиками нагрузок.

К электроприемникам с практически постоянным графиком нагрузки могут быть отнесены, например, электродвигатели насосов водоснабжения, вентиляторов, нерегули-

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						13
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

руемых отопительных и нагревательных приборов, некоторых трансформаторов, конвейеров и др. Выявление электроприемников с практически постоянным графиком нагрузки производится по данным обследования или эксплуатации. Для таких электроприемников  $K_{\text{и}} > 0,6$ ,  $K_3 = 1$  и коэффициент заполнения суточного графика за наиболее загруженную смену  $K_3 \geq 0,9$ . При отсутствии таких данных все электроприемники должны быть отнесены к электроприемникам с переменным графиком нагрузки [2].

По этому методу расчетную активную нагрузку приемников электроэнергии, на всех ступенях питающих и распределительных сетей (включая трансформаторы и преобразователи), определяют по средней мощности и коэффициенту максимума из выражения:

$$P_P = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}} = K_{\text{м}} \cdot K_{\text{ис}} \cdot \sum P_{\text{ном.и}}, \quad (2.1.)$$

где  $K_{\text{м}}$  – коэффициент максимума, определяемый по кривым или таблице;

$P_{\text{см}}$  – средняя активная мощность за наиболее загруженную смену (кВт);

$K_{\text{ис}}$  – коэффициент использования.

Значения коэффициента максимума зависит от коэффициента использования данной группы приемников и эффективного числа приемников  $N_{\text{эф}}$  [2;3]. Под эффективным числом приемников группы различных по номинальной мощности и режиму работы приемников понимают число однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которое обуславливает ту же расчетную нагрузку, что и данная рассматриваемая группа различных по номинальной мощности и режиму работы приемников:

$$N_{\text{эф}} = \frac{(\sum P_{\text{ном.и}})^2}{\sum P_{\text{ном.и}}^2} \quad (2.2)$$

Реактивную нагрузку по этому методу принимают равной:

$$\text{при } N_{\text{эф}} \leq 10 \quad Q_P = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \quad (2.3)$$

$$\text{при } N_{\text{эф}} > 10 \quad Q_P = Q_{\text{см}} \quad (2.4)$$

После этого полная расчетная мощность находится по формуле:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} \quad (2.5)$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		14



От КТП-49 запитаны 54 потребителя с практически постоянным графиком и 58 потребителей с переменным графиком нагрузок. Покажем расчет на примере потребителей с переменным графиком нагрузок первой секции шин КТП-49.

1. Эффективное число электроприемников данной группы:

$$N_{\text{Эф}} = \frac{(7,5 \cdot 3 + 0,75 \cdot 4 + 15 \cdot 2 + 2,2 \cdot 4 + 15 + 0,75 \cdot 2)^2}{7,5^2 \cdot 3 + 0,75^2 \cdot 4 + 15^2 \cdot 2 + 2,2^2 \cdot 4 + 15^2 + 0,75^2 \cdot 2} = 7,53 \approx 8$$

2. Суммарная активная нагрузка группы:

$$P_{\text{Общ}} = 7,5 \cdot 3 + 0,75 \cdot 4 + 15 \cdot 2 + 2,2 \cdot 4 + 15 + 0,75 \cdot 2 = 80,8 \text{ кВт}$$

3. Коэффициент использования группы электроприемников:

$$K_{\text{ИС гр}} = \frac{\sum (K_{\text{ис}} \cdot P_{\text{ном}})}{\sum P_{\text{ном}}}, \quad (2.6)$$

$$K_{\text{ИС гр}} = \frac{2,25 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,55 + 30 \cdot 0,5 + 8,8 \cdot 0,55 + 15 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,4}{22,5 + 3 + 30 + 8,8 + 15 + 1,5} = 0,378 \approx 0,4$$

4. Определим коэффициент максимума по данным  $N_{\text{Эф}}$  и  $K_{\text{ИС гр}}$ , [5]:

$$K_M = 1,52$$

5. Определим коэффициент мощности группы электроприемников:

$$\cos \varphi = \frac{80,8}{\frac{22,2}{0,75} + \frac{3}{0,75} + \frac{30}{0,77} + \frac{8,8}{0,7} + \frac{15}{0,5} + \frac{1,5}{0,75}} = 0,69$$

6. Средняя активная и реактивная мощности за наиболее загруженную смену:

$$P_{\text{СМ}} = K_{\text{ИС гр}} \cdot P_{\text{Общ}}, \quad (2.7)$$

$$P_{\text{СМ}} = 0,4 \cdot 80,8 = 32,32 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{СМ}} = P_{\text{СМ}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{СМ}} = 32,32 \cdot 1,05 = 33,91 \text{ кВАр}$$

7. Расчетная активная нагрузка группы электроприемников:

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						15
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$$P_p = 1,52 \cdot 32,32 = 49,13 \text{ кВт}$$

8. Расчетная реактивная нагрузка при ( $Q_p = Q_{см}$ ):

$$Q_p = 33,91 \text{ кВАр}$$

9. Полная расчетная мощность:

$$S_p = \sqrt{49,13^2 + 33,91^2} = 59,69 \text{ кВА}$$

При расчете потребителей с практически постоянным графиком нагрузок принимаем  $K_{MAX} = 1$ , следовательно, отпадает необходимость расчета  $K_{ис гр}$ ,  $N_{эф}$  и  $\cos\phi_{гр}$  [2].

Аналогично проводим расчет электрических нагрузок для остальных КТП. Результаты сведены в таблицу 2.1

При суммировании расчетных нагрузок нескольких комплексных трансформаторных подстанций цеха вводим коэффициент разновременности максимумов нагрузки, тогда полная расчетная нагрузка цеха будет:

$$S_{цеха} = K_{рм} \cdot \sum_{i=1}^n S_{расч}, \quad (2.9)$$

где  $K_{рм}$  - коэффициент разновременности максимумов со стороны высшего напряжения трансформаторов электроприемников, принимаемый в пределах 0,7- 0,95 [2]

Срасч- расчетная мощность цеха

$$S_{цеха} = 0,9 \cdot 13732,85 = 12359,57 \text{ кВА}$$

Расчетный ток цеха будет:

$$I_{рцеха} = \frac{S_{цеха}}{\sqrt{3} \cdot 10}, \quad (2.10)$$

$$I_{рцеха} = \frac{12359,57}{\sqrt{3} \cdot 10} = 714,42 \text{ А}$$

Полученные результаты сведены в таблицу 2.1

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						16
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

[illegible]

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Итого для данной группы	-----	38	-----	792.9	-----	-----	0.7	1	554.16	415.62	0.8	554.16	415.62	692.7	999.83
Итого по II секции		38		792.9					554.16	415.62		554.16	415.62	692.7	999.83
Итого по КТП - 45		49		1021.4								714.39	522.97	885.35	1277.89
КТП -46 / 0.4 (кВ), сборные шины, I секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Мешалка	40.00	1	0.92	40.00	0.6										
Насос	18.5	1	0.92	18.5	0.7										
Насос	55.00	3	0.8	165.00	0.75										
Насос	30.00	1	0.8	30.00	0.75										
Маслонасос	4.00	2	0.75	8.00	0.65										
Насос	160.00	1	0.8	160.00	0.7										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Насос	100.00	1	0.8	100.00	0.7										
Итого для данной группы	-----	11	-----	653.5	-----	-----	0.71	1	462.8	337.84	0.81	462.8	337.84	572.99	827.04
Итого по I секции		11		653.5					462.8	337.84		462.8	337.84	572.99	827.04
КТП - 46 / 0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Мешалка	100.00	2	0.92	200.00	0.6										
Насос	200.00	3	0.8	600.00	0.7										
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6										
Насос	100.00	1	0.8	100.00	0.7										
Итого для данной группы	-----	7	-----	1060.00	-----	-----	0.67	1	706.00	458.9	0.84	706.00	458.9	842.04	1215.38
Итого по II секции		7		1060.00					706.00	458.9		706.00	458.9	842.04	1215.38
Итого по КТП - 46		18		1713.5								1168.8	841.27	1440.08	2078.58

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КТП -47 / 0.4 (кВ), сборные шины, I секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6										
Насос	55.00	2	0.8	110.00	0.75										
Насос	30.00	2	0.8	60.00	0.75										
Мешалка	100.00	1	0.92	100.00	0.6										
Насос	40.00	1	0.92	40.00	0.7										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Насос	200.00	1	0.85	200.00	0.7										
Насос	100.00	1	0.8	100.00	0.7										
Итого для данной группы	-----	10	-----	902.00	-----	-----	0.68	1	613.9	297.33	0.9	613.9	297.33	682.11	984.54
Итого по I секции		10		902.00					613.9	297.33		613.9	297.33	682.11	984.54
КТП - 47/ 0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Насос	45.00	1	0.8	45.00	0.7										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Мешалка	100.00	1	0.92	100.00	0.6										
Насос	200.00	2	0.8	400.00	0.7										
Маслонасос	4.00	2	0.75	8.00	0.65										
Насос	100.00	1	0.8	100.00	0.7										
Итого для данной группы	-----	8	-----	785.00	-----	-----	0.69	1	539.1	388.15	0.81	539.1	426.97	687.7	992.61
Итого по II секции		8		785.00					539.1	388.15		539.1	426.97	687.7	992.61
Итого по КТП - 47		18		1687.00								1153.00	724.3	1361.62	1965.33

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КТП -47 / 0.4 (кВ), сборные шины, I секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6										
Насос	55.00	2	0.8	110.00	0.75										
Насос	30.00	2	0.8	60.00	0.75										
Мешалка	100.00	1	0.92	100.00	0.6										
Насос	40.00	1	0.92	40.00	0.7										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Насос	200.00	1	0.85	200.00	0.7										
Насос	100.00	1	0.8	100.00	0.7										
Итого для данной группы	-----	10	-----	902.00	-----	-----	0.68	1	613.9	297.33	0.9	613.9	297.33	682.11	984.54
Итого по I секции		10		902.00					613.9	297.33		613.9	297.33	682.11	984.54
КТП - 47/ 0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Насос	45.00	1	0.8	45.00	0.7										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Мешалка	100.00	1	0.92	100.00	0.6										
Насос	200.00	2	0.8	400.00	0.7										
Маслонасос	4.00	2	0.75	8.00	0.65										
Насос	100.00	1	0.8	100.00	0.7										
Итого для данной группы	-----	8	-----	785.00	-----	-----	0.69	1	539.1	388.15	0.81	539.1	426.97	687.7	992.61
Итого по II секции		8		785.00					539.1	388.15		539.1	426.97	687.7	992.61
Итого по КТП - 47		18		1687.00								1153.00	724.3	1361.62	1965.33

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КТП -48 / 0.4 (кВ), сборные шины, I секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Насос	18.5	1	0.92	18.5	0.7										
Насос	11.00	1	0.92	11.00	0.7										
Насос	55.00	1	0.8	55.00	0.75										
Маслонасос	2.2	2	0.75	4.4	0.65										
Насос	30.00	3	0.8	90.00	0.75										
Насос	37.00	2	0.8	74.00	0.7										
Вентилятор	10.00	1	0.8	10.00	0.7										
Насос	5.5	2	0.92	11.00	0.7										
Насос	2.2	1	0.92	2.2	0.7										
Итого для данной группы	-----	14	-----	276.1	-----	-----	0.73	1	200.3	142.21	0.82	200.3	142.21	245.65	354.57
Итого по I секции		14		276.1					200.3	142.21		200.3	142.21	245.65	354.57
КТП - 48/ 0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Насос	55.00	1	0.8	55.00	0.75										
Насос	45.00	1	0.8	45.00	0.7										
Насос	18.5	2	0.92	37.00	0.7										
Вентилятор	22	1	0.8	22.00	0.75										
Насос	7.5	3	0.92	22.5	0.7										
Дренажный насос	5.5	1	0.91	5.5	0.75										
Вентилятор	110.00	4	0.84	440.00	0.7										
Насос	11.00	2	0.92	22.00	0.7										
Вентилятор	5.5	18	0.8	99.00	0.6										
Кран	7.00	1	0.7	7.00	0.2										
Итого для данной группы	-----	34	-----	755.00	-----	-----	0.69	1	519.23	342.69	0.83	519.23	342.69	622.12	897.95
Итого по II секции		34		755.00					519.23	342.69		519.23	342.69	622.12	897.95

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Итого по КТП – 48		48		1031.1								719.53	484.9	867.67	1252.52
КТП -49 / 0.4 (кВ), сборные шины, I секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Насос	30.00	2	0.8	60.00	0.75				45.00	33.75					
Вентилятор	18.5	2	0.8	37.00	0.75				27.75	20.81					
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6				96.00	40.89					
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7				92.4	69.3					
Мешалка	200.00	1	0.92	200.00	0.6				120.00	51.12					
Вентилятор	110.00	1	0.8	110.00	0.75				82.5	61.88					
Вибратор	0.75	2	0.65	1.5	0.6				0.9	1.05					
Гидроагр.саморезки	5.5	1	0.8	5.5	0.75				3.85	2.89					
Вентилятор	75.00	1	0.8	75.00	0.75				56.25	42.19					
Цепной транспортер	2.2	3	0.9	6.6	0.6				3.96	1.92					
Гидроагрегат	18.5	1	0.5	18.5	0.7				12.95	22.43					
Цепной транспортер	5.5	2	0.9	11.00	0.6				6.6	3.19					
Маслян. охладитель	0.25	1	0.8	0.25	0.7				0.175	0.13					
Итого для данной группы	-----	19	-----	817.35	-----	-----	-----	1	548.34	351.55		548.34	351.35	651.35	940.14
2.Приемники с переменным графиком нагрузки															
Конвейер передв-ой	7.5	3	0.75	22.5	0.4				9.00	7.92					
Конвейер	0.75	4	0.75	3.00	0.55				1.65	1.45					
Ленты	15.00	2	0.77	30.00	0.5				11.5	12.44					
Конвейер хранения	2.2	4	0.7	8.8	0.55				4.84	4.94					
Дисковый нож	15.00	1	0.5	15.00	0.2				3.00	5.19					
Транспортер	0.75	2	0.75	1.5	0.4				0.6	0.528					
Итого для данной группы	-----	16	-----	80.8	-----	8	0.4	1.52	32.32	33.91		49.13	33.91	59.69	81.85
Итого по I секции		35		898.15					578.93	384.02		594.84	383.82	708.06	1021.99



Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КТП -49/0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Вентилятор	75.00	1	0.8	75.00	0.75				56.25	42.19					
Вентилятор отсоса кромки	15.00	2	0.8	30.00	0.6				18.00	13.5					
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6				96.00	40.89					
Вентилятор	18.5	2	0.8	37.00	0.75				27.75	20.81					
Вент-р охлаждения	18.5	4	0.8	74.00	0.6				44.4	33.3					
Мешалка	200.00	1	0.92	200.00	0.6				120.00	51.12					
Вентилятор	110.00	1	0.8	110.00	0.7				77.00	57.75					
Гидронасос	45.00	6	0.92	270.00	0.7				189.00	80.51					
Вспомог.насос	5.5	2	0.91	11.00	0.75				8.25	3.76					
Вентилятор вакуума	7.5	2	0.8	15.00	0.65				9.75	7.31					
Гидроагрегат обвязки	7.5	4	0.8	30.00	0.7				21.00	15.75					
Гидроагрегат упак. станка, торцеагиба	5.5	6	0.8	33.00	0.7				23.1	17.33					
Гидротолкатель спусника	0.25	2	0.75	0.25	0.7				0.18	0.15					
Привод спусника	11.00	1	0.6	11.00	0.2				2.2	2.57					
Итого для данной группы	-----	35	-----	1045.00	-----	-----	-----	1	692.88	386.94		692.88	386.94	793.61	1145.48
2.Приемники с переменным графиком нагрузки															
Поворотник УПК №3,4	0.75	1	0.75	0.75	0.4				0.3	0.26					
Транспортер	0.75	8	0.75	6.00	0.4				2.4	2.11					
Конвейер	0.75	4	0.75	3.00	0.4				1.2	1.06					
Транспортер к весам	4.00	2	0.75	8.00	0.55				4.4	3.87					



Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КТП -50/0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Вентилятор сушильного шкафа															
В-01	17.00	12	0.8	204.00	0.75										
В-02	17.00	18	0.8	306.00	0.75										
В-03	17.00	12	0.8	204.00	0.75										
В-06	18.5	18	0.8	333.00	0.75										
Итого для данной группы	-----	60	-----	1047.00	-----	-----	0.75	1	785.25	588.94	0.8	785.25	588.94	981.56	1416.76
Итого по II секции				1047.00								785.25	588.94	981.56	1416.76
Итого по КТП – 50		126		2352.00								1714.45	1255.15	2124.79	3066.41
КТП -51/0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Платформа	4.00	2	0.75	8.00	0.75										
Вентилятор	75.00	1	0.8	75.00	0.75										
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6										
Вент-р охлаждения	18.5	4	0.8	74.00	0.6										
Вентилятор	18.5	2	0.8	37.00	0.75										
Вентилятор	160.00	1	0.8	160.00	0.65										
Мешалка	200.00	1	0.92	200.00	0.6										
Транспортер	1.5	9	0.55	13.5	0.55										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Вентилятор отсоса	15.00	2	0.8	15.00	0.6										
Пылесборка	30.00	1	0.8	30.00	0.6										
Итого для данной группы	-----	25	-----	904.5	-----	-----	0.64	1	579.2	376.48	0.84	579.2	376.48	690.8	997.08
Итого по I секции		25		904.5								579.2	376.48	690.8	997.08

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КТП -51/0.4 (кВ), сборные шины, II секция															
1.Приемники с постоянным графиком нагрузки															
Мешалка	160.00	1	0.92	160.00	0.6										
Насос	132.00	1	0.8	132.00	0.7										
Вентилятор	75.00	1	0.8	75.00	0.75										
Мешалка	200.00	1	0.92	200.00	0.6										
Вентилятор	18.5	2	0.8	37.00	0.75										
Вентилятор	160.00	1	0.8	160.00	0.65										
Вибратор	0.75	2	0.65	1.5	0.6										
Гидроагрегат	5.5	1	0.8	5.5	0.7										
Гидранасос	45.00	3	0.92	135.00	0.7										
Вспомог.насос	5.5	1	0.91	5.5	0.75										
Гидроагрегат обвязки	7.5	2	0.8	15.00	0.7										
	7.5	1	0.5	7.5	0.8										
Двигатель спусника	0.75	2	0.7	1.5	0.5										
Обертычный станок	1.5	2	0.8	3.0	0.7										
Гидроагрегат спусника	0.25	1	0.75	0.25	0.7										
Гидротолкатель															
Итого по данной группе	-----	22	-----	938.75	-----	-----	0.66	1	619.3	371.58	0.86	619.3	371.58	722.22	1042.44
2.Приемники с переменным графиком нагрузки															
Конвейер	7.5	3	0.75	22.5	0.4				9.00	7.92					
Дисковый нож	15.00	1	0.5	15.00	0.2				3.00	5.19					
Передвиж. конвейер	0.75	4	0.75	3.00	0.55				1.65	1.45					
Ленты	15.00	2	0.75	30.00	0.55				16.5	14.52					
Конвейер хранения	2.2	4	0.77	8.8	0.5				4.4	3.65					
Транспортер к весам	4.00	1	0.88	4.00	0.55				2.2	1.76					

Продолжение таблицы 2.1





Изм																
Лист																
№ Докум																
Подпись																
Дата																
13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ																

Продолжение таблицы 2.1





Вывод по разделу 2.1. В данном разделе были рассчитаны электрические нагрузки низковольтных электроприемников цеха. Активная нагрузка составила 11341,55 кВт, реактивная- 7724,64 кВАр. Полная нагрузка цеха с учетом коэффициента разновременности максимумов составляет 12359,57 кВА, расчетный ток равен 714,42 А.

## 2.2 Проверка загрузки трансформаторов КТП сушильного цеха

Учитывая наличие в цеху потребителей I и II категорий надежности, применяются двухтрансформаторные подстанции. В цеховых трансформаторных подстанциях (КТП) используются двухобмоточные понижающие сухие трансформаторы типа ТС мощностью 1600 кВА. От правильной загрузки этих трансформаторов будет зависеть надежность электроснабжения потребителей.

Коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме работы составит:

$$K_3 = \frac{S_P}{N \cdot S_{\text{НОМ.Т}}} \leq 0.7 \quad (2.11)$$

Нагрузочная способность трансформаторов в аварийном режиме - при отключении одного трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_P}{(N-1) \cdot S_{\text{НОМ.Т}}} \leq 1.4 \quad (2.12)$$

Расчеты сведены в таблицу 2.2

Таблица 2.2- Таблица загрузки трансформаторов

Номер трансформатора КТП	Коэффициент загрузки в нормальном режиме $K_{3н}$	Коэффициент загрузки в аварийном режиме $K_{3а}$
ТП-45 Т-1	0,06	0,12
ТП-45 Т-2	0,21	0,43
ТП-46 Т-1	0,17	0,36
ТП-46 Т-2	0,26	0,53
ТП-47 Т-1	0,19	0,43
ТП-47 Т-2	0,21	0,44
ТП-48 Т-1	0,07	0,15
ТП-48 Т-2	0,19	0,39
ТП-49 Т-1	0,24	0,44
ТП-49 Т-2	0,29	0,58

Продолжение таблицы 2.2

Номер трансформатора КТП	Коэффициент загрузки в нормальном режиме $K_{зн}$	Коэффициент загрузки в аварийном режиме $K_{за}$
ТП-50 Т-1	0,35	0,71
ТП-50 Т-2	0,31	0,61
ТП-51 Т-1	0,22	0,43
ТП-51 Т-2	0,24	0,48
ТП-52 Т-1	0,306	0,61
ТП-52 Т-2	0,33	0,66
ТП-110 Т-1	0,18	0,37
ТП-110 Т-2	0,17	0,35
ТП-111 Т-1	0,13	0,27
ТП-111 Т-2	0,24	0,48

Из таблицы 2.2 видно, что трансформаторы загружены на допустимое значение  $K_{зн} \leq 0,7$ ,  $K_{за} \leq 1,4$  согласно ПУЭ. Из таблицы видно что ТП-45 Т-1 и ТП-48 Т-1 практически не нагружены так как они находятся в горячем резерве.

### 2.3 Расчет электрической сети 6 кВ

На данном уровне электроснабжения максимальные расчетные активные и реактивные нагрузки РП определяются в соответствии с выражениями:

$$P_p = K_{ис} \cdot P_{ном}, \quad (2.15)$$

$$Q_p = K_{ис} \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.16)$$

где  $K_{ис}$  – коэффициент использования конкретной группы электроприемников;

$\operatorname{tg} \varphi$  - соответствует характерному для приемника  $\cos \varphi$ , определяемому по справочным материалам [2,6].

Расчет нагрузок для РП-5, питающий первый технологический поток, представлен в виде табл. 2.4

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						32
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Таблица 2.4

Наименование электроприемника	Рном, кВт	N, шт.	Робщ, кВт	Cosφ	K <sub>ис</sub>	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РП-5, сборные шины, 1 секция								
Сушильный цех								
Вакуум-насос	315	2	630	0,85	0,9	567	351,4	667,06
Итого по 1 секции	-	2	-	-	-	567	351,4	667,06
РП-5, сборные шины, 2 секция								
Сушильный цех								
Вакуум-насос	320	2	640	0,85	0,9	576	351,4	667,06
Вакуум-насос	325	1	325	0,85	0,9	292,5	181,28	344,12
Итого по 2 секции	-	3	-	-	-	868,5	532,68	1011,18
Всего по РП-5	-	5	-	-	-	1435,5	884,08	1678,24

Расчет нагрузок для РП-6, питающий второй технологический поток, представим в виде табл. 2.5.

Таблица 2.5

Наименование электроприемника	Рном., кВт	N, шт.	Робщ, кВт	Cosφ	K <sub>ис</sub>	Рр. кВт	Qр. кВАр	Sp. кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РП-6, сборные шины, 1 секция								
Итого по ООЦ	-	3	-	-	-	789	430,89	900,2
Сушильный цех								
Вакуум-насос	315	5	1575	0,85	0,9	1417,5	878,49	1667,65
Итого по 1 секции	-	5	-	-	-	1417,5	878,49	1667,65
РП-6, сборные шины, 2 секция								
Сушильный цех								
Вентилятор	400	1	400	0,8	0,7	280	210	350
Итого по 2 секции	-	1	-	-	-	280	210	350
Всего по РП-6	-	6	-	-	-	1697,5	1088,4	2017,65

Таким образом, нагрузка потребителей цеха на 6 кВ составила:

по РП-5:  $P_p = 1435,5 \text{ кВт}$ ,  $Q_p = 884,08 \text{ кВАр}$ ,  $S_p = 1678,24 \text{ кВА}$ .

по РП-6:  $P_p = 1697,5 \text{ кВт}$ ,  $Q_p = 1088,4 \text{ кВАр}$ ,  $S_p = 2017,65 \text{ кВА}$ .

## 2.4 Расчет электрической сети 10 кВ

Нагрузка на шинах РП-3 и РП-4 представлена в виде высоковольтных двигателей, цеховых комплектных трансформаторных подстанций и нагрузок РП-5, РП-6, и определяется в соответствии со следующими доводами:

1. Необходимо учесть потери мощности трансформаторов КТП:

$$\Delta P_{\text{ТР}} = \Delta P_{\text{СТ}} + \Delta P_{\text{МЕДИ}} = \Delta P_{\text{ХХ}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot S_{\text{НАГР}}^2 / S_{\text{НОМ}}^2 \quad (2.17)$$

$$\Delta Q_{\text{ТР}} = \Delta Q_{\text{СТ}} + \Delta Q_{\text{МЕДИ}}, \quad (2.18)$$

$$\Delta Q_{\text{СТ}} = (I_{\text{ХХ}}\% \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot N) / 100\%, \quad (2.19)$$

$$\Delta Q_{\text{МЕДИ}} = (U_{\text{К}}\% \cdot S_{\text{НАГР}}^2) / (100\% \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot N), \quad (2.20)$$

где  $\Delta P_{\text{СТ}}$ ,  $\Delta P_{\text{МЕДИ}}$ ,  $\Delta Q_{\text{СТ}}$ ,  $\Delta Q_{\text{МЕДИ}}$  - потери активных и реактивных мощностей в сердечнике и обмотках трансформатора;

$\Delta P_{\text{ХХ}}$ ,  $\Delta P_{\text{КЗ}}$ ,  $S_{\text{НОМ}}$ ,  $I_{\text{ХХ}}\%$ ,  $U_{\text{К}}\%$  - паспортные данные трансформаторов, установленных в КТП.

2. При суммировании нагрузок необходимо учесть коэффициент разновременности наступления максимумов нагрузок

$$S_{\text{Р РП-3}} = K_{\text{РМ}} \cdot (\sum S_{\text{Р ТП1}} + S_{\text{РП5}} + \sum S_{\text{Н ДВ1}}), \quad (2.21)$$

$$S_{\text{Р РП-4}} = K_{\text{РМ}} \cdot (\sum S_{\text{Р ТП1}} + S_{\text{РП6}} + \sum S_{\text{Н ДВ1}}), \quad (2.22)$$

где  $K_{\text{РМ}} = 0,93$  – коэффициент разновременности максимумов на шинах распределительных пунктов.

3. В качестве привода вакуум-компрессоров используются мощные синхронные двигатели мощностью  $P_{\text{НОМ}} = 800$  кВт.

Паспортные данные трансформаторов КТП: тип ТСЗ – 1600/10

$$S_{\text{НОМ}} = 1600 \text{ кВА}$$

$$U_{\text{НВ}} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{НН}} = 0,4 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_{\text{ХХ}} = 3,4 \text{ кВт}$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						34
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$$\Delta P_{кз} = 16 \text{ кВт}$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$I_{xx} = 0,7\%$$

Результаты определения расчетной нагрузки на шинах распределительных пунктов сведены в табл. 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6-Определение расчетных нагрузок РП-3 10 кВ

Наименование потребителя	Pp, кВт	ΔPp, кВт	Qp, кВАр	ΔQp, кВАр	Sp, кВА
1. КТП-15	1169,78	17,46	938,49	61,06	1500
2. КТП-16	1170,97	18,24	1001,37	63,2	1540,7
3. КТП-17	1321,26	21,33	1060,02	71,72	1693,9
4. КТП-18	1549,07	28,05	1242,79	90,19	1985,9
5. КТП-19	1197,6	18,52	992,37	63,98	1555,3
6. КТП-31	975,86	15,21	967,89	54,87	1374,4
7. КТП-32	739,51	10,18	733,46	41,05	1041,5
8. КТП-33	1060,21	17,74	1224,86	61,83	1619,9
9. КТП-34	891,43	13,25	884,15	49,49	1255,5
10. КТП-35	299	4,54	511,5	25,54	592,4
11. КТП-36	1091,72	18,18	1082,36	63,04	1537,3
12. КТП-45	250,04	4,18	247,99	24,53	352,1
13. КТП- 46	479,21	6,17	461,89	30,01	665,5
14. КТП-49	589,76	7,59	568,44	33,93	819,1
Итого по КТП	12785,41	200,64	11568,34	734,44	17888,43
15. Вакуумный компрессор	1600	-	- 1289,2	-	947,61
16. РП-5	6772	156,17	3885,51	780,87	7808,68
Всего по РП-3	21157,41	356,81	14164,65	1515,31	24779,59

Таблица 2.7- Определение расчетных нагрузок РП-4 10 кВ

Наименование потребителя	Pp, кВт	ΔPp, кВт	Qp, кВАр	ΔQp, кВАр	Sp, кВА
1. КТП-23	1065,73	15,04	855,01	54,49	1366,3
2. КТП-24	1046,35	14,65	839,46	53,33	1341,4
3. КТП-25	1273,68	20,95	1089,2	70,67	1675,9
4. КТП-28	1351,46	23,69	1191,87	78,21	1801,9
5. КТП-37	977,03	15,16	966,07	54,74	1374
6. КТП-38	860,28	12,58	853,25	47,63	1211,6
7. КТП-39	1121,85	18,57	1081,3	64,13	1558,1
8. КТП-40	1206,56	20,47	1129,62	69,35	1652,8
9. КТП-41	594,3	7,91	606,31	34,79	849
10. КТП-42	1310,48	24,11	1263,11	79,34	1820,1

Продолжение таблицы 2.7

Наименование потребителя	Pp, кВт	ΔPp, кВт	Qp, кВАp	ΔQp, кВАp	Sp, кВА
11. КТП-47	484,26	6,23	466,76	30,18	672,5
12. КТП-48	259,03	4,23	256,92	22,4	364,8
13. КТП-51	515,01	6,6	469,48	31,2	696,8
14. КТП-110	402,42	5,41	399,14	27,92	566,7
15.КТП-111	164,28	3,79	162,94	23,32	231,3
Итого по КТП	12632,82	199,39	11657,44	741,7	17843,87
16. Вакуум-компрессор	1600	-	- 1289,2	-	947,61
17. РП-6	6684,5	152,19	2617,6	760,94	7609,35
Всего по РП-4	20917,32	351,58	12985,84	1502,64	24552,77

Таким образом, нагрузка на шинах составила: РП-3 Sp = 24779,59 кВА

РП-4 Sp = 24552,77 кВА

## 2.5 Проверка загрузки трансформаторов связи 10/6 кВ

Высоковольтные нагрузки производственных цехов питаются на уровне напряжения 6 кВ. Данный уровень напряжения обеспечивается следующими трансформаторами связи: ТС1, ТС2 РП-3\5 и ТС1, ТС2 РП-4\6 марки ТДНС-10000/10 со следующими параметрами:

$$S_{ном} = 10000 \text{ кВА}$$

$$U_{нв} = 10.5 \text{ кВ}$$

$$U_{нн} = 6,3 \text{ кВ}$$

$$U_k = 8,6\%$$

$$\Delta P_{xx} = 12 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{кз} = 60 \text{ кВт}$$

Произведем проверку трансформаторов связи. Нагрузка на шинах РП-5 и РП-6 преимущественно первой категории по надежности электроснабжения, соответственно коэффициент загрузки принимаем в пределах  $K_3 = 0,65-0,7$ . Рассчитаем расчетную номинальную мощность трансформаторов.

$$S_{ном} \geq \frac{S_p}{K_3 \cdot N}, \text{ кВА} \quad (2.23)$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		36

Определим, какое максимальное количество реактивной мощности может пропустить трансформатор.

$$Q_{\max} = \sqrt{S_{\text{ном}}^2 - P_{\text{р}}^2}, \text{ кВАр} \quad (2.24)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.5

Таблица 2.5

Параметр	РП-5	РП-6
$S_{\text{р}}, \text{ кВт}$	7808,68	7609,35
$K_3$	0,65	0,65
$N, \text{ шт.}$	2	2
$S_{\text{тр}}, \text{ кВА}$	6006,68	5853,35
$S_{\text{ном}}, \text{ кВА}$	10000	10000
$Q_{\max}, \text{ квар}$	7357,99	7437,57
$Q_{\text{р}}, \text{ квар}$	3885,51	2617,6
$K_3 \text{ н.р.}$	0,4	0,38
$K_3 \text{ авр.р.}$	0,78	0,76

Анализируя результаты расчетов, делаем вывод, что установка высоковольтных компенсирующих устройств не требуется, а номинальная мощность трансформаторов обеспечивает необходимую пропускную способность для потребителей первой категории и трансформаторы проходят по условиям проверки загрузки в нормальном и послеаварийном режиме.

### 3. Проверка защитного и коммутационного оборудования

#### 3.1 Расчет токов короткого замыкания

Расчеты токов короткого замыкания производятся для выбора или проверки параметров электрооборудования, а также для выбора и проверки уставок релейной защиты и автоматики, согласно [3;5]. При расчете токов короткого замыкания для упрощения решения задачи вводится ряд допущений, которые зависят от характера и постановки самой задачи. При расчетах токов короткого замыкания допускается:

- 1) не учитывать сдвиг по фазе ЭДС различных синхронных машин и изменение их частоты вращения, если продолжительность КЗ не превышает 0,5с;
- 2) не учитывать межсистемные связи, выполненные с помощью электропередачи (вставки) постоянного тока;
- 3) считают, что трехфазная система является симметричной
- 4) не учитывать насыщение магнитных систем электрических машин;
- 5) не учитывать ток намагничивания трансформаторов и автотрансформаторов;
- 6) не учитывать влияние активных сопротивлений различных элементов исходной расчетной схемы на амплитуду периодической составляющей тока КЗ, если активная составляющая результирующего эквивалентного сопротивления расчетной схемы относительно точки КЗ не превышает 30 % от индуктивной составляющей результирующего эквивалентного сопротивления;
- 7) приближенно учитывать затухание апериодической составляющей тока КЗ, если исходная расчетная схема содержит несколько независимых контуров;
- 8) приближенно учитывать электроприемники, сосредоточенные в отдельных узлах исходной расчетной схемы;

Расчетным видом КЗ для выбора или проверки параметров электрооборудования обычно считают трехфазное КЗ. На рис.3.1 представлена упрощенная расчетная схема сети, однако, для расчета тока КЗ расчетную схему целесообразно представить схемой замещения, т.е. схемой, в которой все трансформаторные связи между отдельными частями расчетной схемы заменены электрическими связями. Схема замещения для расчета трехфазного симметричного КЗ приведена на рис. 3.2.

Расчет токов при трехфазном КЗ выполняется в следующем порядке:

1. Для рассматриваемой энергосистемы составляется расчетная схема;
2. По расчетной схеме составляется электрическая схема замещения;

Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата

13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ

Лист

38



3. Путем постепенного преобразования приводят схему замещения к наиболее простому виду так, чтобы каждый источник питания или группа источников, характеризующиеся определенным значением результирующей ЭДС  $E''_{рез}$ , были связаны с точкой КЗ одним результирующим сопротивлением  $x_{рез}$ ;

4. Зная результирующую ЭДС источника и результирующее сопротивление, по закону Ома определяют начальное значение периодической составляющей тока КЗ  $I''$ , затем ударный ток и при необходимости периодическую и апериодическую составляющие тока КЗ для заданного момента времени  $t$ .

В соответствии с ГОСТ 26522-85 все короткие замыкания подразделяются на удаленные и близкие. КЗ считается удаленным, если амплитуды периодической составляющей тока статора данной электрической машины в начальный и произвольный моменты КЗ практически одинаковы, и близким, если эти амплитуды существенно отличаются. Обычно под электрической удаленностью расчетной точки КЗ от какого-либо источника энергии понимают приведенное к номинальной мощности и номинальному напряжению источника внешнее сопротивление, которое оказывается включенным между источником и точкой КЗ в момент возникновения КЗ. Однако такой способ оценки удаленности применим лишь в тех случаях, когда различные источники энергии связаны с расчетной точкой КЗ независимо друг от друга. Более универсальной величиной, которая в полной мере характеризует электрическую удаленность расчетной точки КЗ от произвольного источника энергии и может быть сравнительно легко определена в схеме любой конфигурации и при любом числе источников энергии, является отношение действующего значения периодической составляющей тока источника энергии (генератора, синхронного компенсатора, электродвигателя) в начальный момент КЗ к его номинальному току.

Для проверки оборудования на действие токов короткого замыкания точки КЗ следует намечать таким образом, чтобы через оборудование протекал максимально возможный ток КЗ.

При проверке кабелей на термическую стойкость расчетной точкой КЗ является:

- для одиночных кабелей одной строительной длины - точка КЗ в начале кабеля;
- для одиночных кабелей со ступенчатым соединением по длине — точки КЗ в начале каждого участка нового сечения;
- для двух и более параллельно включенных кабелей одной кабельной линии
- в начале каждого кабеля.

В закрытых распределительных устройствах проводники и электрические аппараты, расположенные до реактора на реактированных линиях, проверяются, исходя из того,

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						39
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

что расчетная точка КЗ находится за реактором, если они отделены от сборных шин разделяющими полками, а реактор находится в том же здании и все соединения от реактора до сборных шин выполнены шинами. При проверке проводников и электрических аппаратов на термическую стойкость в качестве расчетной продолжительности КЗ следует принимать сумму времен действия токовой защиты (с учетом действия АПВ) ближайшего к месту КЗ выключателя и полного времени отключения этого выключателя. При проверке электрических аппаратов на коммутационную способность в качестве расчетной продолжительности КЗ следует принимать сумму минимально возможного времени действия релейной защиты данного присоединения и собственного времени отключения коммутационного аппарата (время  $\tau$ ).

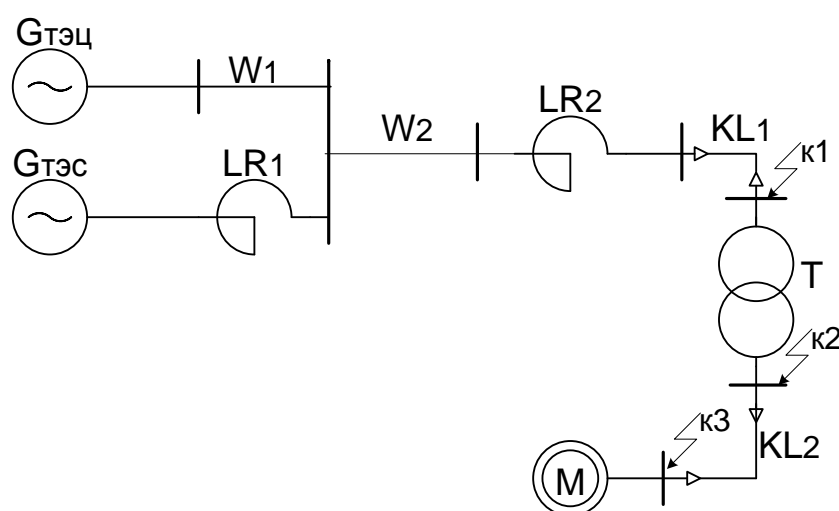


Рисунок 3.1- Расчетная схема с намеченными точками КЗ

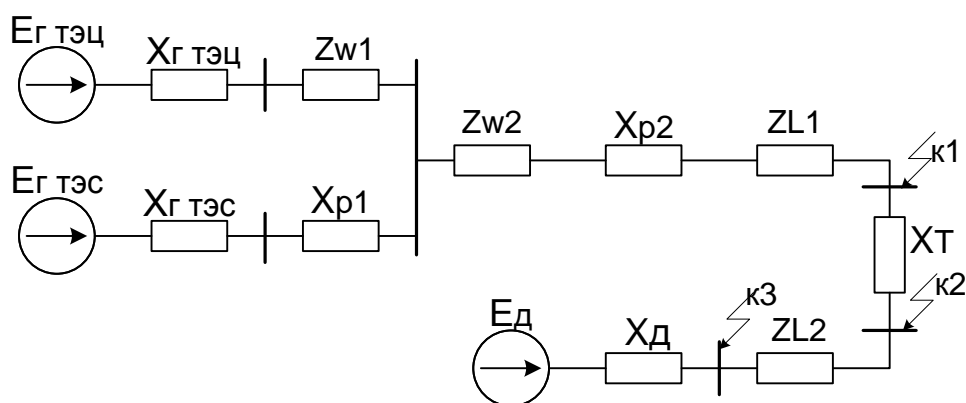


Рисунок 3.2 - Схема замещения

Расчет токов КЗ произведем в относительных единицах. В качестве исходных данных принимаем:

- мощность системы не ограничена ( $S_{\infty} = \infty$ );
- базисную мощность  $S_B = 1000$  МВА;
- базисное напряжение  $U_B = 10,5$  кВ.

Чтобы определить расчетный ток КЗ с целью выбора или проверки электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания, необходимо предварительно определить сопротивления элементов схемы замещения

1) Сопротивление генераторов ТЭЦ и ТЭС:

$$X_{*Г} = X_{*d\text{ ном}} \cdot S_B / S_{\text{НОМ}} \quad (3.1)$$

где  $X_{*d\text{ ном}}$  - приведенное сверхпереходное реактивное сопротивление генератора, о.е.;

$X_{*Г}$  - сопротивление генератора, о.е.;

$S_{\text{НОМ}}$  - номинальная мощность генератора; МВА.

$$X_{*Г\text{ ТЭЦ}} = 0,192 \cdot 1000 / 120 = 1,6 \text{ о.е.}$$

$$X_{*Г\text{ ТЭС}} = 0,131 \cdot 1000 / 63 = 2,08 \text{ о.е.}$$

Определим ЭДС генераторов по [3.табл. 3.4]:

$$E_{Г. \text{ ТЭЦ}} = 1,13 \text{ о.е.}; E_{Г. \text{ ТЭС}} = 1,08 \text{ о.е.}$$

2) Сопротивления реакторов:

$$X_{*р} = X_p \cdot S_B / U_{\text{ср}}^2, \quad (3.2)$$

где  $X_{*р}$  – индуктивное сопротивление реактора, о.е.;

$X_p$  – номинальное индуктивное сопротивление реактора, Ом. [3]

$$X_{*р1} = 0,35 \cdot 1000 / 10,5^2 = 3,17 \text{ о.е.}$$

$$X_{*р2} = 0,35 \cdot 1000 / 10,5^2 = 3,17 \text{ о.е.}$$

3) Сопротивление трансформатора:

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						41
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$$X_{*TP} = U_K / 100 \cdot S_B / S_{НОМ} \quad (3.3)$$

где  $U_K$  - напряжение короткого замыкания, %

$$X_{*TP} = (14/100) \cdot (1000/10) = 14 \text{ о.е.}$$

4) Сопротивление токопровода и кабельных линий:

$$X_{*W} = X_0 \cdot L \cdot S_B / U_{CP}^2, \quad (3.4)$$

$$R_{*W} = r_0 \cdot L \cdot S_B / U_{CP}^2, \quad (3.5)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (3.6)$$

где  $X_0$  - индуктивное сопротивление линии на 1км.; Ом / км, [3];

$R_0$  - активное сопротивление линии на 1км.; Ом / км, [3];

$L$  - длина линии, км.

$$X_{*W1} = 0,148 \cdot 1,4 \cdot 1000 / 10,5^2 = 1,88 \text{ о.е.}$$

$$R_{*W1} = 0,150 \cdot 1,4 \cdot 1000 / 10,5^2 = 1,9 \text{ о.е.}$$

$$Z_{*W1} = \sqrt{1,9^2 + 1,88^2} = 2,6 \text{ о.е.}$$

$$X_{*W2} = 0,148 \cdot 0,15 \cdot 1000 / 10,5^2 = 0,2 \text{ о.е.}$$

$$R_{*W2} = 0,150 \cdot 0,15 \cdot 1000 / 10,5^2 = 0,107 \text{ о.е.}$$

$$Z_{*W2} = \sqrt{0,107^2 + 0,2^2} = 0,22 \text{ о.е.}$$

$$X_{*L1} = 0,08 \cdot 0,19 \cdot 1000 / 10,5^2 = 0,138 \text{ о.е.}$$

$$R_{*L1} = 1,54 \cdot 0,19 \cdot 1000 / 10,5^2 = 1,3 \text{ о.е.}$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						42
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$$Z_{*L1} = \sqrt{0,138^2 + 1,3^2} = 1,8 \text{ о.е.}$$

$$X_{*L2} = 0,08 \cdot 0,21 \cdot 1000 / 6,3^2 = 0,42 \text{ о.е.}$$

$$R_{*L2} = 1,54 \cdot 0,21 \cdot 1000 / 6,3^2 = 8,1 \text{ о.е.}$$

$$Z_{*L2} = \sqrt{8,1^2 + 0,42^2} = 8,1 \text{ о.е.}$$

5) Сопротивление синхронного двигателя

$$X_{*д} = 1 / K_I \cdot S_B \cdot \cos \varphi / P_H, \quad (3.7)$$

где  $K_I$  – кратность пускового тока.

$$X_{*д} = 1/6 \cdot 1000 \cdot 0,85 / 0,32 = 442,7 \text{ о.е.}$$

ЭДС двигателя:  $E_d = 1,1$

Определим эквивалентное сопротивление ветви генераторов:

$$X_{*Г}^* = (X_{*Г \text{ ТЭЦ}} + Z_{*W1}) \cdot (X_{*Г \text{ ТЭС}} + X_{*p1}) / (X_{*Г \text{ ТЭЦ}} + Z_{*W1} + X_{*Г \text{ ТЭС}} + X_{*p1})$$

$$X_{*Г}^* = (1,6 + 2,6) \cdot (2,08 + 3,17) / (1,6 + 2,6 + 2,08 + 3,17) = 2,33 \text{ о.е.}$$

Эквивалентное ЭДС ветви генераторов:

$$E_{Г} = \frac{E_{\text{эты}} / (X_{\text{тэс}}) + E_{\text{тэс}} / (X_{\text{эты}} + Z_{w1})}{1 / (X_{\text{тэс}} + X_{p1}) + 1 / (X_{\text{эты}} + Z_{w1})} \quad (3.8)$$

$$E_{Г} = 1,88 \text{ о.е.}$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						43
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Эквивалентное сопротивление токопровода, реактора и кабельной линии:

$$X_{\text{экв}}^* = Z_{\text{w2}}^* + X_{\text{p2}}^* + Z_{\text{L1}}^* \quad (3.9)$$

$$X_{\text{экв}}^* = 0,22 + 3,17 + 1,8 = 5,19 \text{ о.е.}$$

Для удобства расчетов токов короткого замыкания свернем схему замещения к упрощенному виду.

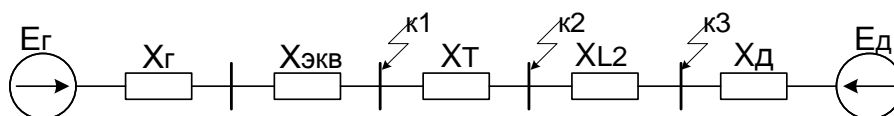


Рисунок 3.3- Упрощенная схема замещения

Рассчитаем ток КЗ в точке К1: вычислим ток, нагревающий кабельную линию до трансформатора, шинопроводы, а также ток, проходящий через коммутационную аппаратуру. Расчетная схема будет выглядеть:

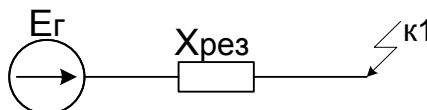


Рисунок 3.4- Расчетная схема для точки К1

$$X_{\text{рез}}^* = X_{\text{Г}}^* + X_{\text{экв}}^* \quad (3.10)$$

$$X_{\text{рез}}^* = 2,33 + 5,19 = 7,52 \text{ о.е.}$$

1. Согласно [10], если расчетное сопротивление до точки КЗ более трех, периодическую слагаемую тока КЗ можно определить как:

$$\begin{aligned} I'' &= I_0 \cdot E_{\text{Г}} / X_{\text{рез}}^* \\ I'' &= 55 \cdot 1,88 / 7,52 = 13,75 \text{ кА} \end{aligned} \quad (3.11)$$

где  $I_6$  – базовый ток, кА.

$$I_6 = S_B / (\sqrt{3} \cdot U_B) \quad (3.12)$$

$$I_6 = 1000 / (\sqrt{3} \cdot 10,5) = 55 \text{ кА.}$$

2. Ударный ток короткого замыкания равен:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I'' \quad (3.13)$$

При коротком замыкании на напряжении 6-10 кВ значение ударного коэффициента обычно выражается через постоянную времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, составляющую на данных шинах  $T_a = 0,2 \text{ с}$

$$K_y = \left( 1 + e^{-0,01/T_a} \right) = \left( 1 + e^{-0,01/0,2} \right) = 1,95 \quad (3.14)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,95 \cdot 13,75 = 37,9 \text{ кА}$$

3. Расчетное время, для которого требуется определить токи КЗ:

$$t = t_{св} + 0,01, \text{ с,} \quad (3.15)$$

где  $t_{св}$  – собственное время включения выключателя, с.

Для выключателей серии ВМПЭ, установленных на РП-3  $t_{св} = 0,09 \text{ с}$ ,  
тогда  $t = 0,09 + 0,01 = 0,1 \text{ с}$ ;

4. Аperiодическая составляющая тока КЗ равна:

$$i_{a.T} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/T_a} \quad (3.16)$$

$$i_{a.T} = \sqrt{2} \cdot 13,75 \cdot e^{-0,1/0,2} = 11,7 \text{ кА}$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						45
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

5. Так как у нас имеет место удаленное короткое замыкание, принимаем ток КЗ незатухающим, следовательно, коэффициент затухания равен единице:

$$B'' = \frac{I''}{I_{\infty}} = 1 \quad (3.17)$$

Расчет токов короткого замыкания в точке К2 производится по той же методике с учетом сопротивления трансформатора и значений  $T_a = 0,08$  и  $K_y = 1,6$ .

При расчете токов КЗ в точке К3 руководствуемся следующим: при КЗ вблизи шин 6-10 кВ, к которым подключены мощные двигатели, необходимо учитывать сопутствующие токи от двигателей в момент отключения выключателей.. Расчетная схема будет выглядеть:

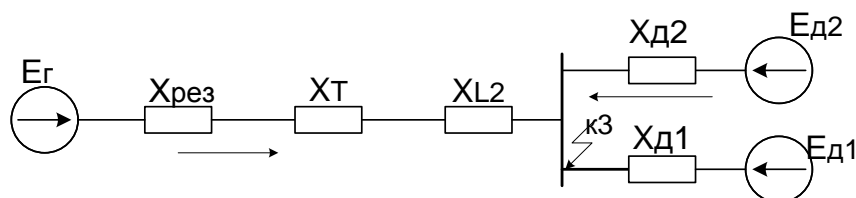


Рисунок 3.5- Расчетная схема замещения для точки К3

1. Начальная периодическая слагаемая тока КЗ ветви генераторов:

$$I''_Г = I_б \cdot E_Г / (X_{рез}^* + X_T^* + X_{Л2}^*) \quad (3.18)$$

$$I''_Г = 55 \cdot 1,88 / (7,52 + 14 + 8,1) = 3,4 \text{ кА}$$

$$I''_{дв} = K_{п\text{ ср}} \cdot \sum I_n, \quad (3.19)$$

где  $K_{п\text{ ср}} = 6$  – среднее значение кратности пускового тока двигателей;

$\sum I_n$  – сумма номинальных токов двигателей;

$$\sum I_n = 448,5 \text{ А.}$$

$$I''_{дв} = 6 \cdot 448,5 = 2,691 \text{ кА}$$



Определим начальную периодическую слагаемую тока КЗ:

$$I'' = I''_r + I''_{дв} \quad (3.20)$$

$$I'' = 3,4 + 2,691 = 6,091 \text{ кА}$$

2. Ударный ток ветви генераторов:

$$i_{уд\ r} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I''_r \quad (3.21)$$

$$i_{уд\ r} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 3,4 = 6,85 \text{ кА}$$

Ударный ток ветви двигателей:

$$i_{уд\ дв} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I''_{дв}$$

$$i_{уд\ дв} = \sqrt{2} \cdot 1,55 \cdot 2,691 = 5,89 \text{ кА}$$

Согласно [10] ударный коэффициент равен  $K_y = 1,55$

Ударный ток в точке:

$$i_{уд} = i_{уд\ r} + i_{уд\ дв} \quad (3.22)$$

$$i_{уд} = 6,85 + 5,89 = 12,74 \text{ кА}$$

3. Аперриодическая составляющая тока КЗ ветви генераторов:

$$i_{a.t.r} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/Ta} \quad (3.23)$$

$$i_{a.t.r} = \sqrt{2} \cdot 3,44 \cdot e^{-0,1/0,02} = 0,029 \text{ кА}$$

Аперриодическая составляющая тока КЗ эквивалентного двигателя:

$$i_{a.t\ дв} = \sqrt{2} \cdot i_{at} \cdot I''_{дв} \quad (3.24)$$

$$i_{a.t\ дв} = \sqrt{2} \cdot 0,29 \cdot 2,691 = 1,1 \text{ кА}$$

Согласно [10]:  $i_{a.t.r} = 0,29$

$$i_{a.t} = i_{a.tr} + i_{a.tдв}$$

$$i_{a.t} = 0,029 + 1,1 = 1,13 \text{ кА}$$

4. Значение периодической составляющей тока КЗ:

Периодическая слагаемая тока КЗ ветви двигателей:

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						47
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$$I_{nt \text{ дв}} = i_{nt} \cdot I''_{дв}, \quad (3.25)$$

Согласно [10]:  $i_{nt} = 0,29$

$$I_{nt \text{ дв}} = 0,29 \cdot 2,691 = 0,78 \text{ кА}$$

Периодическая слагаемая тока КЗ ветви генератора равна начальной периодической слагаемой тока КЗ ветви генераторов:

$$I_{nt \text{ г}} = I''_{г} = 3,12 \text{ кА}$$

$$I_{nt} = 3,9 \text{ кА}$$

Результаты всех расчетов сведем в табл. 3.1

Таблица 3.1-Результаты расчетов токов КЗ

Расчетная точка КЗ	$I''_{кА}$	$i_{уд.кА}$	$i_{а.т.кА}$	$I_{nt.кА}$
К1	13,77	37,9	11,7	13,77
К2	5,17	22,17	4,72	6,17
К3	6,09	12,74	1,13	3,9

### 3.2 Проверка высоковольтного оборудования

При коротких замыканиях в результате возникновения наибольшего ударного тока короткого замыкания в шинах и других конструкциях РУ возникают электродинамические усилия, которые в свою очередь создают изгибающий момент, а следовательно, механическое напряжение в металлах. Последнее должно быть меньше максимально допустимого напряжения для данного металла.

Электродинамические действия ударного тока короткого замыкания при трехфазном коротком замыкании согласно [10] определяются силой взаимодействия между проводниками при протекании по ним ударного тока  $i_{уд}$ . Наибольшая сила  $F^{(3)}(H)$ , действующая на шину средней фазы при условии расположения проводников (шин) в одной плоскости:

$$F^{(3)} = \sqrt{3} / 2 \cdot 2,04 \cdot i_{уд}^2 (L/a) = 1,76 \cdot (L/a) \cdot i_{уд}^2 \cdot 10^{-8}, \quad (3.26)$$

где  $\sqrt{3}/2$  – коэффициент, учитывающий несовпадение мгновенных значений ударного тока в фазах;

$L$  и  $a$  – соответственно длина и расстояние между токоведущими частями.

Рассматривая шину как равномерно нагруженную многопролетную балку, изгибающий момент (Н·м), создаваемый ударным током, будет равен:

$$M = F^{(3)} \cdot L / 10 \quad (3.27)$$

Тогда наибольшее механическое напряжение в металле при изгибе равно:

$$\sigma = M / W; \text{ (МПа)} \quad (3.28)$$

$$\sigma = 1,76 \cdot 10^{-3} \cdot i_{уд}^2 \cdot L^2 / (a \cdot W),$$

где  $L$  – расстояние между опорными изоляторами, см;

$a$  – расстояние между осями шин смежных фаз, см;

$W$  – момент сопротивления при расположении шин плашмя.

$$W = b \cdot h^2 / 6 \quad (3.29)$$

При расположении шин на ребро:

$$W = b^2 \cdot h / 6 \quad (3.30)$$

Расчетная величина напряжений в шине должна быть меньше допустимых напряжений.

Токоведущие части, в том числе и кабели, при коротких замыканиях могут, нагреваясь до температуры, значительно большей, чем при нормальном режиме. Термическая стойкость сечения кабеля к токам КЗ определяется по формуле:

$$S_T = I_{уст} \cdot \sqrt{t_n} / K_T, \text{ мм}^2 \quad (3.31)$$

где  $I_{уст}$  – установившееся значение тока КЗ, А

$t_n$  – приведенное время КЗ, с

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						49
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$K_T$  –температурный коэффициент, учитывающий ограничение допустимой температуры нагрева жил кабеля,  $\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$

Токоведущие части (шины, кабели) и все виды аппаратов (выключатели, разъединители, измерительные трансформаторы для электроустановок) должны проверяться в соответствии с вычислительными максимальными расчетными величинами (токами, напряжениями, мощностями отключения) для нормального режима и режима КЗ [6]. Для их проверки сравниваются указанные расчетные величины с допускаемыми значениями для токоведущих частей и высоковольтного оборудования. Составляются таблицы сравнения указанных расчетных и допустимых величин. При этом для обеспечения надежной безаварийной работы расчетные величины должны быть меньше допустимых.

### 3.2.1 Проверка установленных шин на РП-3

Шины РУ проверяют по номинальным параметрам, соответствующим нормальному режиму и условиям окружающей среды и проверяют на режим КЗ. Наибольшее допустимое при изгибе напряжение для алюминиевых шин  $u_{доп.} = 80$  МПа при  $t=200^\circ\text{C}$ .

Произведем проверку шин на стороне 10 кВ и проверим их на динамическую устойчивость к токам КЗ при максимально возможном рабочем токе согласно [5]:

$$I_{РАБ.МАХ} = 1,4 \cdot I_{НОМ}, \text{ А} \quad (3.32)$$

$$I_{РАБ.МАХ} = 1,4 \cdot 578 = 783,2 \text{ А}$$

$$i_y = 37,97 \text{ кА}$$

Шины установлены плашмя; расстояние между фазами равным 0,25 м, а расстояние между изоляторами  $L = 1,3\text{м}$ .

По рабочему максимальному току выбираем шины алюминиевые размером 60\*6 мм с допустимой токовой нагрузкой 870 А.

Момент сопротивления шин при установке их плашмя рассчитываем по формуле (3.22):

$$W = 0,6 \cdot 6^2 / 6 = 3,6 \text{ см}^3$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						50
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Расчетное напряжение в металле шин:

$$\sigma_{\text{расч } 10} = 1,76 \cdot 10^{-3} \cdot 37,9^2 \cdot 130^2 / (25 \cdot 3,6) = 450,12 \text{ кгс/см}^2 = 45,012 \text{ МПа}$$

Так как  $\sigma_{\text{доп}} = 80 \text{ МПа}$ , то шины с  $\sigma_{\text{расч } 10} = 45,012 \text{ МПа}$  динамически устойчивы.

Аналогично произведем проверку шин на стороне 6 кВ.

$$I_{\text{РАБ. МАХ}} = 1,4 \cdot 924 = 1293,6 \text{ А}$$

Шины так же установлены плашмя, расстояние между фазами  $a = 0,25 \text{ м}$ , а расстояние между изоляторами  $L = 1,3 \text{ м}$ , ударный ток  $i_{\text{уд}} = 22,17 \text{ кА}$ .

По  $I_{\text{РАБ. МАХ}} = 1293,6 \text{ А}$  выбираем алюминиевые шины размером  $80 \times 8 \text{ мм}$  с допустимой токовой нагрузкой  $I_{\text{доп}} = 1320 \text{ А}$ .

Момент сопротивления шин:

$$W = 0,8 \cdot 8^2 / 6 = 8,53 \text{ см}^3$$

Расчетное напряжение в металле шин:

$$\sigma_{\text{расч } 6} = 1,76 \cdot 10^{-3} \cdot 22,17^2 \cdot 130^2 / (25 \cdot 8,53) = 685,5 \text{ кгс/см}^2 = 68,5 \text{ МПа}$$

$\sigma_{\text{расч } 6} < \sigma_{\text{доп}} = 80 \text{ МПа}$ ; следовательно, шины динамически устойчивы.

### 3.2.2 Проверочный расчет кабелей

Прокладка кабеля на территории завода проходит по инженерным сооружениям, в которых кабельные линии не соприкасаются с землей (эстакады, галереи, туннели и т.д.) на различных отметках высоты. Проверим кабели для установленного оборудования. До двигателей установлен кабель марки ААБлГ;  $U_{\text{ном}} = 6,3 \text{ кВ}$ , трехжильный. Для кабелей проверку согласно [7] производим по формуле:

$$F = I_P / j, \quad (3.33)$$

где  $F$  – сечение кабеля,  $\text{мм}^2$ ;

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						51
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$I_p$  – расчетный ток, А;

$j_э$  – экономическая плотность тока, выбирается из [2, табл.5.5], А/мм<sup>2</sup>.

По нагреву током нормального режима для кабеля сечением 3\*95 допустимый ток будет равен  $I_{доп} = 190$  А.

$$K_{пр} \cdot I_{доп} \geq I_p, \quad (3.34)$$

где  $K_{пр}$  – коэффициент прокладки (кабель прокладывается в лотках, укрепленных на стенах,  $K_{пр} = 1$ );

$I_{доп}$  – допустимый ток для данного сечения, А

$$I_{расч} = P_p / (\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 6,3) = 34,5 \text{ А}$$

$$1 \cdot 190 > 34,5 \text{ А.}$$

По нагреву током послеаварийного режима проверка сечения кабеля производится по выражению:

$$I_{доп} \cdot K_{пр} \cdot K_{пер} \geq I_{ав.р} \quad (3.35)$$

где  $K_{пер}$  – коэффициент перегрузки кабелей ( $K_{пер} = 1,3$ );

$I_{ав.р}$  – максимальный ток послеаварийного режима, А.

На потерю напряжения проверка не производится, так как длина кабельной линии менее 400 метров.

Выбранный по нормальному режиму кабель проверяем на термическое действие токов КЗ. Кабель на термическую стойкость проверяем по току 3-х фазного короткого замыкания:

$$t_{пр} = t_{выкл} + t_{защ}, \text{ с} \quad (3.36)$$

где  $t_{пр}$  – приведенное время действия тока КЗ, с;

$t_{выкл}$  – время отключения выключателя, с;

$t_{защ}$  – время действия защиты, с.

$$t_{пр} = 0,1 + 1 = 1,1 \text{ с}$$

$$F_{MIN} = I_{уст} \cdot \sqrt{t_{пр}} / C; \quad (3.37)$$

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		52

где  $C$  – коэффициент, зависящий от кабеля (для данного случая  $C = 85$ );

$I_{уст}$  – установившийся ток КЗ.

$$I_{уст} = K_I \cdot I_H \quad (3.38)$$

$$I_{уст} = 6 \cdot 449,8 = 2699 \text{ А}$$

$$F_{MIN} = 2699 \cdot \sqrt{1,1} / 85 = 33,7 \text{ мм}^2$$

Полученное значение проходит по термической стойкости, поэтому кабель ААБЛГ - 3\*95 проходит по всем условиям проверки.

Проверка кабельных линий между РП – 3 и РП – 5 сведена в таблицу 3.2.

Таблица 3.2-Проверка проложенных высоковольтных кабелей

		РП - 5			
Индекс трансформатора		ТС 1		ТС 2	
1	$U_H$ , кВ	На стороне 10,5	На стороне 6,3	На стороне 10,5	На стороне 6,3
2	Расч. Нагрузка, кВА	3925,86		3882,5	
3	$I_P = S_P / (\sqrt{3} \cdot U_H)$ , А	215,87	359,78	213,48	355,8
4	$I_{AB} = S_{AB} / (\sqrt{3} \cdot U_H)$ , А	432,42	720,7	427,64	712,73
5	$F_{ЭК} = I_P / j_{ЭК}$ , мм <sup>2</sup>	179,89	299,82	177,9	296,5
6	$F_{ЭК ав} = I_{P ав} / j_{ЭК}$ , мм <sup>2</sup>	360,35	600,58	356,37	593,94
7	Станд.сеч., мм <sup>2</sup>	3*240	3*185	3*240	3*185
8	ИД ОП, А	3*250	3*250	3*250	3*250
9	$F_{MIN} = I_{уст} \cdot \sqrt{t_{ГР}} / C$ , мм <sup>2</sup>	126,06	59,39	126,06	59,39
10	Принятое сечение, мм <sup>2</sup>	3*240	3*185	3*240	3*185

При проверке кабелей установлено, что кабели, проложенные от РП-3 до трансформаторов связи и от трансформаторов связи до РП-5, удовлетворяют всем требованиям проверки.

### 3.2.3 Проверка установленных высоковольтных выключателей и разъединителей

При проверке выключателей согласно [7;8] необходимо учесть 12 различных параметров, но, так как заводами-изготовителями гарантируется определенная зависи-

мость некоторых параметров, допустимо производить проверку выключателей по важнейшим параметрам:

$$\text{ - по напряжению уставки: } U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}; \quad (3.39)$$

$$\text{ -по длительному току: } I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}; \quad (3.40)$$

$$\text{ -по отключающей способности: } I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}; \quad (3.41)$$

В первую очередь производится проверка на симметричный ток отключения по условию:

$$I_{\text{п.т}} \leq I_{\text{отк.ном}} \quad (3.42)$$

Затем проверяется возможность отключения апериодической составляющей тока КЗ:

$$i_{\text{a.t}} \leq i_{\text{a.ном}} = \sqrt{2} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot I_{\text{отк.ном}} / 100; \quad (3.43)$$

где  $i_{\text{a.ном}}$ —номинальное допускаемое значение апериодической составляющей в отключаемом токе для времени  $t$ , кА;

$\beta_{\text{н}}$  – нормированное значение содержания апериодической составляющей в отключаемом токе, %;

$i_{\text{a.t}}$  – апериодическая составляющая тока КЗ в момент расхождения контактов, кА;

$t$  - наименьшее время от начала КЗ до момента расхождения дугогасящих контактов  
 $t = t_{\text{с.з}} + t_{\text{с.в}} ;$

где  $t_{\text{с.з}}$  – минимальное время действия релейной защиты,  $t_{\text{с.з}}=0.01\text{с}$ ;

$t_{\text{с.в}}$  – собственное время отключения выключателя, с;

По включающей способности проверка проводится по условию:

$$i_{\text{у}} \leq i_{\text{вкл}};$$

$$I_{\text{п.о}} \leq I_{\text{вкл}};$$

где  $i_{\text{у}}$  – ударный ток КЗ в цепи выключателя, кА ;

$I_{\text{п.о}}$  – начальное значение периодической составляющей тока в цепи выключателя, кА;

$I_{\text{вкл}}$  – номинальный ток включения (действующее значение периодической составляющей), кА;

$i_{\text{вкл}}$  – наибольший пик тока включения, кА;

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		54



На электродинамическую стойкость выключатель проверяется по предельным сквозным токам КЗ:

$$I_{п.о} \leq I_{дин}, \quad (3.44)$$

$$i_y \leq i_{дин}, \quad (3.45)$$

где  $i_{дин}$  – наибольший пик (ток электродинамической стойкости) по каталогу, кА;

$I_{дин}$  – действующее значение периодической составляющей предельного сквозного тока КЗ, кА.

На термическую стойкость выключатель проверяется по тепловому импульсу тока КЗ:

$$B_K = I''^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 13,77^2(0,1 + 0,2) = 56,88 \text{ кА} \quad (3.46)$$

$$B_K \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}, \quad (3.47)$$

где  $B_K$  – тепловой импульс тока КЗ по расчету,  $\text{кА}^2 \times \text{с}$ ;

$I_{тер}$  - среднеквадратичное значение тока за время его протекания (ток термической стойкости) по каталогу, кА;

Составляем сравнительную таблицу расчетных и каталожных данных, которые должны быть выше соответствующих расчетных [6].

Таблица 3.3-Проверка установленных выключателей и разъединителей

Расчетные данные	Каталожные данные	
	Выключатель ВМПЭ-10-1600 31-5УЗ	Разъединитель РВ-10
$U_{ср} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 546,2 \text{ А}$	$I_{ном} = 1600 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{п.т} = 13,77 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 31,5 \text{ кА}$	-
$i_{ат} = 11,7 \text{ кА}$	$i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк.ном} / 100 = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot 31,5 / 100 = 18,91 \text{ кА}$	
$\sqrt{2} I_{п.т} + i_{ат} = 25,47 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n / 100) = 53,45 \text{ кА}$	
$I_{п.о} = 13,77 \text{ кА}$	$I_{дин} = 31,5 \text{ кА}$	-
$i_y = 37,9 \text{ кА}$	$i_{дин} = 80 \text{ кА}$	$i_{дин} = 63 \text{ кА}$
$B_K = 56,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \times t_{тер} = 10^2 \times 4 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \times t_{тер} = 25^2 \times 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Выключатели проходят условия проверки, однако в работе предлагаю заменить физически и морально устаревшие выключатели ВМПЭ-10-1600 31-5УЗ на ВБЭ-10-31,5(20)/630-3150 УХЛ2.

### 3.3 Проверка установленных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения.

#### 3.3.1 Проверка трансформаторов тока

Трансформатор тока (ТТ) предназначен для уменьшения первичного значения тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для оп-ределения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения. ТТ ус-танавливают в зависимости от схемы сети и требований релейной защиты и измеритель-ной системы в двух или трех фазах.

Проверяют их согласно [7] по максимальному рабочему току и номинальному на-пряжению, нагрузке первичной и вторичной катушек, классу точности, допускаемой по-грешности и проверяют на термическую и динамическую устойчивость к токам КЗ. Трансформаторы тока проверяют по кратности электродинамической и термической ус-тойчивости ( $K_{дин}$ ,  $K_t$ ).

Электродинамическая устойчивость выполняется, если

$$K_{дин} \geq i_{уд} / \sqrt{2} \cdot I_{НОМ 1} \quad (3.48)$$

или

$$K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{НОМ 1} \geq i_{уд}, \quad (3.49)$$

где  $K_{дин}$  задается в каталогах на трансформаторы тока;

$I_{НОМ 1}$  – номинальный первичный ток трансформатора тока.

Кратность термической устойчивости  $K_t$  трансформаторов тока соответствует времени 1с и также задается в каталогах. Условия термической устойчивости трансфор-маторов тока выполняется, если

$$I_t = I_{НОМ 1} \cdot K_t \geq I_{уст} \cdot \sqrt{t_{пр}} \quad (3.50)$$

Номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора тока  $S_2$  должна быть не менее суммы мощностей, потребляемой приборами  $S_{пр}$  и мощности, теряемой в про-водах и переходных контактах.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						56
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

$$S_2 \geq S_{\text{пр}} + I_2^2 \cdot (r_{\text{пр}} + r_{\text{к}}), \quad (3.51)$$

где  $r_{\text{пр}}$ ,  $r_{\text{к}}$  – сопротивление проводов и контактов.

Таблица 3.4-Вторичная нагрузка трансформаторов тока

Прибор	Тип	Нагрузка ТТ, ВА		
		А	В	С
Амперметр	Э377	0,1	-	0,1
Счетчик активной энергии	СА3 - И674	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	СР3 - И673	2,5	-	2,5
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5
Варметр	Д- 335	0,5	-	0,5
ИТОГО		5,1	-	5,1

Общее сопротивление приборов одной фазы:

$$R_{\text{пр}} = S_{\text{пр}} / I_2^2, \quad (3.52)$$

где  $R_{\text{пр}}$  - сопротивление приборов, Ом;

$S_{\text{пр}}$  - мощность потребляемая приборами, В·А;

$I_2^2$  - вторичный номинальный ток , А.

$$R_{\text{пр}} = 6,1 / 5^2 = 0,244 \text{ Ом}$$

Сопротивление всех переходных контактов принимается равным 0,1 Ом, тогда допустимые сопротивления проводов между трансформатором тока и приборами:

$$r_{\text{пр}} = (S_2 - S_{\text{пр}} - I_2^2 \cdot r_{\text{к}}) / I_2^2, \text{ Ом} \quad (3.53)$$

$$r_{\text{пр}} = (10 - 6,1 - 5^2 \cdot 0,1) / 5^2 = 0,056 \text{ Ом}$$

Рассчитаем предельную длину кабеля, м:

$$L_{\text{пред}} = F \cdot r_{\text{пр}} / c, \quad (3.54)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление материала провода, Ом/м;

$F$ - сечение провода , мм.<sup>2</sup>

$$L_{\text{пред}} = 2,5 \cdot 0,056 / 0,0283 = 4,9 \text{ м}$$

Таблица 3.5- Проверка трансформаторов тока

	ТПОЛ 10 – У3
$I_{\text{МАХ.РАБ.}} = 546,2 \text{ А}$	$I_1 = 1000 \text{ А}$
$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{уд}} = 37,9 \text{ кА}$	$K_{\text{дин}} = 69;$ $i_{\text{мах}} = K_{\text{дин}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_1 = 69 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 97,6 \text{ кВ}$
$I_{\text{к}}^2 \cdot t_{\text{п}} = 13,77 \cdot 1,5 = 20,955 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$K_{\text{тер}} = 27;$ $t_{\text{тер}} \cdot (K_{\text{тер}} \cdot I_1)^2 = 3 \cdot (27 \cdot 1)^2 = 2187 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

С учетом рассчитанной предельной длины кабеля для установки приборов установленный трансформатор тока ТПОЛ10– У3 удовлетворяет всем условиям проверки.

### 3.3.2 Проверка трансформаторов напряжения

Для включения обмоток напряжения измерительных приборов применяются пяти- стержневые ТН с двумя вторичными обмотками: одна служит для включения измерительных приборов, другая для включения приборов контроля изоляции. ТН ставятся на каждой секции, а так же на резервной системе сборных шин и служат для питания счетчиков всех отходящих от секции линий.

Проверяют согласно [7] их по номинальным параметрам: классу точности, и нагрузке, определяемой мощностью, которая потребляется катушками электроизмерительных приборов, подключенных к данному трансформатору.

Номинальная мощность трансформатора напряжения должна быть равна или больше суммарной активной и реактивной мощности, потребляемой параллельными катушками приборов и реле.

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{\left(\sum S_{\text{приб}} \cdot \cos \varphi_{\text{приб}}\right)^2} + \sqrt{\left(\sum S_{\text{приб}} \cdot \sin \varphi_{\text{приб}}\right)^2} \quad (3.55)$$

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{18^2 + 29^2} = 34,132 \text{ ВА}$$

Таблица 3.6-Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения

Прибор	Тип	S одной обм.	Число обмоток	Cosφ	Sinφ	Число приб.	Общая потребляемая мощность	
							P,Вт	Q,ВАр
Ваттметр	Д-335	1.5	2	1	0	1	3	-
Варметр	Д-335	1.5	2	1	0	1	3	-
Счетчик акт эн.	САЗ-И674	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик реак. эн	СРЗ-И674	3Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Итого							18	29

Таблица 3.7- Условия проверки трансформатора напряжения

Расчетные величины	Каталожные данные ТН НТМИ-10	Условия выбора
$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$	
$S_2 = 34,132 \text{ ВА}$	$S_{2н} = 200 \text{ ВА}$	$S_{\text{ном}} \geq S_2$

Из таблицы 3.7 видно, что установленный трансформатор НТМИ-10 с классом точности 1 удовлетворяет всем условиям проверки.

Вывод по разделу 3: при проверке основного силового оборудования по нагрузочной способности и на термическую и динамическую устойчивость было установлено, что все высоковольтные аппараты и токоведущие части системы электроснабжения цеха соответствуют предъявляем к ним требованиям ПУЭ.

Однако в работе предлагается заменить морально и физически устаревшие выключатели ВМПЭ-10-1600 31-5УЗ на более совершенные и новые ВБЭ-10-31,5(20)/630-3150 УХЛ2.

#### 4. Расчет параметров срабатывания микропроцессорной защиты «Міsom Р632» трансформатора ТДНС-10000/10

В этом разделе, предлагается заменить диф. защиту ДЗТ-11 на микропроцессорную комплекса «Міsom Р632». Устройства дифференциальной защиты серии МіСОМ Р632 предназначены для выполнения быстрой и селективной защиты от коротких замыканий в трансформаторах, двигателях, генераторах и других электроустановках, с двумя, тремя или четырьмя обмотками.

Последнее десятилетие характеризуется широким применением в релейной защите цифровой (микропроцессорной) техники. Это обусловлено существенными преимуществами последней по сравнению с электромеханическими и электронными РЗ. В частности, эти преимущества заключаются в следующем:

- повышении аппаратной надежности, массы и габаритов устройств благодаря существенному уменьшению числа используемых блоков и соединений;
- существенном повышении удобства обслуживания и возможности сокращения обслуживающего персонала;
- расширении и улучшении качества защитных функций (чувствительности, селективности, статической и динамической устойчивости функционирования);
- возможности непосредственной регистрации процессов и событий и анализа возникших в энергосистеме повреждений;
- принципиально новых возможностей управления защитой и передачи от нее информации на географически удаленные уровни управления;
- технологичности производства.

Таблица 4.1 - Основные технические данные трансформатора ТДНС10000/10

Тип	Предел регулирования	S <sub>ном</sub> , кВА	U <sub>ном</sub> , кВ		Потери, кВт		u <sub>к</sub> , %	i <sub>х</sub> , %	Схема соединения обмоток
			ВН	НН	P <sub>х</sub>	P <sub>к</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТДНС-10000/10	±9×1,78%	10000	10,5	6,3	12	60	8,6	0,75	У/Д/11

Таблица 4.2-Исходные данные и параметры согласования токов сторон трансформатора

Наименование величин	Формула для определения	Числовые значения для сторон	
		10,5 кВ	6,3 кВ
Номинальный ток, соответствующий проходной мощности	$I_{номвн} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$	$\frac{10000}{1,73 \cdot 10,5} = 550,51$	$\frac{10000}{1,73 \cdot 6,3} = 917,5A$
Ток трёхфазного КЗ на вторичных зажимах Т	$I^3_k = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (X_T + X_C)}$	11880A	
Схема соединения обмоток силового трансформатора	—	Y	Δ
Схема соединения обмоток ТА	—	Y	Y
Коэффициенты трансформации ТА	$K_{Tap} = \frac{I_{ном} \cdot K_{сх}}{I_{номТА}}$	$\frac{600}{5}$	$\frac{1000}{5}$
Установка компенсации фазового сдвига	—	Y/Y – 0 – 0°	Δ/Y – 30°
Вторичные токи в плечах защиты I <sub>ном.в.т.</sub>	$I_{ном.в} = \frac{I_{ном} \cdot K_{сх}}{K_{ТА}}$	$\frac{549,9 \cdot 5}{600} = 4,5$	$\frac{916,4 \cdot 5}{1000} = 4,5$
Коэффициент коррекции по току	$K_{амп} = \frac{I_{ном.ТА}}{I_{номвт}}$	$\frac{5}{4,5} = 1,1$	$\frac{5}{4,5} = 1,1$
Номинальные токи Т с учётом коррекции	—	5A	5A

#### 4.1 Выбор параметров первого участка характеристики срабатывания

Величина дифференциального тока срабатывания защиты на первом участке характеристики определяется исходя из условий несрабатывания защиты в номинальном режиме работы силового трансформатора .

Первичный минимальный ток срабатывания чувствительного органа защиты при отсутствии торможения определяется следующими условиями:

а) отстройка от расчетного тока небаланса в номинальном нагрузочном режиме:

$$I_d \geq K_{отс} \cdot I_{НБ,РАСЧ.НОМ},$$

где  $I_d$  - ток срабатывания защиты на первом участке;

$K_{отс}$  – коэффициент отстройки (1,2÷1,5);

$$I_{НБ,РАСЧ.НОМ} = I_{НБ}^I + I_{НБ}^{II} + I_{НБ}^{III}$$

где  $I_{НБ}^I$  - составляющая погрешности от трансформатора тока;

$I_{НБ}^{II}$  - составляющая погрешности от работы РПН;

$I_{НБ}^{III}$  - составляющая погрешности, обусловленная цифровым выравниваем плеч.

$$I_{НБ}^I = \left( K_{одн} \cdot K_A \cdot \frac{\varepsilon\%}{100} \right) \cdot I_{НОМ.Т.}, \quad (4.1)$$

где  $K_{одн}$ -коэффициент, учитывающий однотипность трансформатора тока. В дифференциальных защитах берется равным 1;

$K_A$ - коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую в токе, берется равным 1;

$\varepsilon\%$  - погрешность трансформаторов тока, берется 10%.

$$I_{НБ}^{II} = \frac{\Delta U\%}{100} \cdot I_{НОМ.Т.} \quad (4.2)$$

$\Delta U\%$  - значение в % половины суммарного диапазона регулирования напряжения трансформатора.

$$\text{Согласно рекомендации фирмы } I_{НБ}^{III} = \frac{3\%}{100\%} \cdot I_{НОМ.Т.}$$

Таким образом,

$$I_{НБ,РАСЧ.НОМ} = \left( 1 \cdot 1 \cdot \frac{10\%}{100} \cdot \frac{12\%}{100\%} \cdot \frac{3\%}{100\%} \right) \cdot I_{НОМ.Т.} = 0,25 \cdot 549,9 = 137,48 \text{ А}$$

$$I_d \geq 1,2 \cdot 0,25 \cdot I_{НОМ.Т.} = 0,3 \cdot I_{НОМ.Т.} = 0,3 \cdot 549,9 = 164,97 \text{ А}$$

С определенным запасом можно принять  $I_d \geq 0,35 \cdot I_{НОМ.Т.} = 0,35 \cdot 549,9 = 192,47 \text{ А}$

б) отстройкой от броска тока намагничивания при включении под напряжение.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						62
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		



Для отстройки от тока намагничивания при включении трансформатора в термине Мисом Р632 используется блокировка по второй гармонике. При этом в дифференциальном токе определяются составляющие основной и второй гармоник. Если отношение тока второй гармоники к току основной гармоники превышает уставку, то производится блокировка срабатывания ДЗТ по выбору:

- общая по всем трем(двум) измерительным системам защиты;
- селективная – для системы, в которой высок процент вторых гармоник.

Как правило границей конца первого участка и соответственно начала в участка, т.е. начала торможения, полагают

$$I_R = 0,5 \cdot I_{НОМ.Т.} \quad (4.3)$$

$$I_R = 0,5 \cdot 549,9 = 274,95 \text{ А}$$

#### 4.2 Выбор параметров второго участка характеристики

Уставкой для настройки второго (наклонного) участка характеристики срабатывания является коэффициент наклона  $m = \operatorname{tg} \alpha 1 = \frac{bc}{ac}$ .

Наклон второго участка, т.е.  $m1$ , определяется из условий несрабатывания защиты от токов небаланса при максимальной нагрузке трансформатора. Как правило, максимальный ток перегрузки, допустимый при кратковременной работе силового трансформатора берется равным  $2I_{НОМ.Т.}$ .

$$\text{В этом случае } I_d \geq K_{ОТС} \cdot (I'_{НБ} + I''_{НБ} + I'''_{НБ}) \cdot 2I_{НОМ.Т.} \quad (4.4)$$

Где  $K_{ОТС}=1,5$

$$I_d = 1,5 \cdot (0,1 + 0,12 + 0,03) \cdot 2I_{НОМ.Т.} = 0,75 \cdot I_{НОМ.Т.} = 0,75 \cdot 549,9 = 412,43 \text{ А}$$

Таким образом находим  $m1$ :

$$m1 = \frac{K_{ОТС} \cdot I_{НБ.расч.перез} - I_d}{2I_{НОМ.Т.} - I_{R1}} \quad (4.5)$$

где  $K_{ОТС}=1,5$ ;

$I_{НБ.расч.перез}$  -ток небаланса при  $2 I_{НОМ.Т.}$ .

$I_{R1}$ - ток начала торможения ;

$I_d = 0,35 \cdot I_{НОМ.Т.}$ -ток уставки первого участка.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		63

$$m1 = \frac{0,75 \cdot I_{НОМ.т} - 0,35 \cdot I_{НОМ.т}}{2I_{НОМ.т.} - 0,5I_{НОМ.т}}$$

$$m1 = \frac{0,75 \cdot 549,9 - 0,35 \cdot 549,9}{2 \cdot 549,9 - 0,5 \cdot 549,9} = 0,27$$

с некоторым запасом выставляем 0,3

#### 4.3 Выбор наклона третьего участка характеристики

Наклон третьего участка выбирается из условия несрабатывания защиты при максимальном токе трехфазного внешнего КЗ .

Из исходных данных  $I_K^{(3)}$  на шинах 6кВ, приведенный к 10кВ

$$\frac{I_K^3}{I_H} = \frac{11880}{549,9} = 21,6 \quad (4.6)$$

$$\text{тогда } m2 = \frac{1,5 \cdot (K_{ОДН} \cdot K_a \cdot \frac{\varepsilon\%}{100} + \frac{\Delta U\%}{100} + \frac{3\%}{100}) \cdot 21,6 \cdot I_{НОМ.т.} - 0,75I_{НОМ.т.}}{21,6 \cdot I_{НОМ.т.} - 2I_{НОМ.т.}} \quad (4.7)$$

где  $K_{ОДН}=1$ ,  $K_a=2$ .

$$m2 = \frac{1,5 \cdot (1 \cdot 2 \cdot 0,1 + 0,12 + 0,03) \cdot 21,6 \cdot 549,9 - 0,75 \cdot 916,4}{21,6 \cdot 916,4 - 2 \cdot 549,9} = 0,29$$

Можно принять 0,3

#### 4.4 Выбор параметров дифференциальной отсечки

Дифференциальная отсечка срабатывает независимо от тормозного тока и обеспечивает более быстрое срабатывание защиты при больших токах КЗ в зоне защиты [21].

По рекомендации фирмы и опытным данным при эксплуатации дифференциальных защит уставку этой защиты можно применять  $I_d \gg \gg 6 \cdot I_{НОМ.т.}$

$$I_d \gg \gg 6 \cdot 549,9 = 3299,4 \text{ А}$$

Таким образом в терминале «Micom P632» для ДЗТ нужно набрать следующие уставки:

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		64

$$\begin{aligned}
I_d &\geq 0,35 \cdot I_{\text{НОМ.Т.}}; & I_d &\geq 0,35 \cdot 549,9 = 192,47 \text{ А}; \\
I_d &\gg \gg \gg 6 \cdot I_{\text{НОМ.Т.}}; & I_d &\gg \gg \gg 6 \cdot 549,9 = 3299,4 \text{ А}; \\
I_{R1} &= 0,5 \cdot I_{\text{НОМ.Т.}}; & I_{R1} &= 0,5 \cdot 549,9 = 274,95 \text{ А}; \\
I_{R2} &= 2,0 \cdot I_{\text{НОМ.Т.}}; & I_{R2} &= 2,0 \cdot 549,9 = 1099,8 \text{ А}. \\
m1 &= 0,3; \\
m2 &= 0,4.
\end{aligned}$$

#### 4.5 Выбор уставки вспомогательных защит трансформатора

##### 4.5.1 МТЗ от сверхтоков на стороне 10,5 кВ

МТЗ от сверхтоков устанавливаются со стороны 10,5 кВ. Для повышения чувствительности целесообразно выключать эти защиты с контролем напряжения (блокировка минимального напряжения)

$$I_{CЗ} = \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{РАБ.МАХ.Т.}}}{K_B} \quad (4.8)$$

где  $K_{\text{ОТС}}=1,3$  –коэффициент отстройки;

$$I_{CЗ} = \frac{1,3 \cdot 549,9}{0,99} = 722,09 \text{ А}$$

$I_{\text{РАБ.МАХ.Т.}}$  - рабочий максимальный ток трансформатора. Из условий работы данного трансформатора предполагается  $I_{\text{РАБ.МАХ.Т.}}=1,4 \cdot I_{\text{НОМ.Т.}}$ ;

$K_B$ -коэффициент возврата. Для цифровых реле  $K_B=0,99$ .

$$\text{При } I_{\text{НОМ.Т.}} = 549,9 \text{ А}, I_{CЗ} = 1,84 \cdot 549,9 = 1011,82 \text{ А}$$

Выдержка времени защиты  $t_{CЗ}$  отстраивается от максимальной выдержки времени защит присоединений к шинам 10,5 кВ.

Из данных по Т максимальная выдержка времени защит присоединений 1,5 с. Тогда  $t_{CЗ}=1,5+0,5=2\text{с}$ .

Чувствительность защиты проверяется по току двухфазного КЗ в конце самого длинного участка присоединения к шинам 10,5 кВ. В этом случае коэффициент чувствительности не должен быть менее 1,2. Если сведений по присоединениям нет, достаточно проверить чувствительность по току двухфазного КЗ на шинах трансформатора 10,5 кВ. В этом случае коэффициент чувствительности не должен быть менее 1,5.

$$K_q = \frac{I_{K3}^{(2)}}{K_B} \quad (4.9)$$

$$I_{K3}^{(2)} = 0,86 \cdot I_{K3}^{(3)} \quad (4.10)$$

$$I_{K3}^{(2)} = 0,86 \cdot 11880 = 10216,8 \text{ A};$$

$$K_q = \frac{10216,8}{1011,82} = 10,09 \gg 1,5$$

При трансформаторе тока с  $K_{TA}=1000/5$  уставка реле составит  $I_{CP}=(1011,82 \cdot 5)/1000=5,06 \text{ A}$ .

#### 4.5.2 МТЗ от перегрузки

Защиты от перегрузки достаточно установить на сторонах 6 кВ, защиты как правило работают на сигнал.

$$I_{C3} = \frac{K_{отс} \cdot I_{НОМ.Т.}}{K_B} \quad (4.11)$$

$$I_{C3} = \frac{1,10 \cdot 916,4}{0,99} = 1018,22 \text{ A}$$

Ток срабатывания реле

$$I_{CP} = \frac{1018,22 \cdot 5}{1000} = 5,1 \text{ A}$$

Время срабатывания защиты от перегрузки можно установить 9-10 с.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						66
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Таблица 4.3 - Карта уставок системы «Micom P632»

Наименование функции	Диапазон	Рекомендуемая уставка
1	2	3
Номинальные данные трансформаторов тока и напряжения		
Ином.та .перв со стороны А (фазные)	1-50000 А	600
Ином.та. перв со стороны В (фазные)	1-50000 А	1000
Уном.тн перв	0,1-1500 кВ	10
Ином.устр. Стороны А (втор.ток)	1 А / 5 А	5
Ином.устр. Стороны В (втор.ток)	1 А / 5 А	5
Уном.тн. втор.	50-130 V	100
Номинальные данные трансформатора		
Уном.тн. перв., сторона А	0,1-1500 кВ	10,5
Уном.тн. перв., сторона В	0,1-1500 кВ	6,3
Мощность Sреб	0,1-5000 мВА	10
Группа соединений сторон А-В	0-11	11
Дифференциальная защита от междуфазных КЗ		
Id>PSx	0,1 – 2,5 Iref	0,3
Id>>PSx	5 – 30 Iref	6
Id>>>PSx	5 – 30 Iref	6
m1PSx	0,2 – 1,5	0,3
m2PSx	0,4 – 1,5	0,4
Ir1PSx	1,5 – 10 Iref	0,5
Ir2PSx		2
МТЗ от сверхтоков на стороне 10,5 кВ		
Ис.з.сторона А		1,84 Ином.т=1011,82 А
Ис.р.сторона А		5,06 А
тс.з.сторона А		2 с
Кч		10,09
МТЗ от перегрузки		
Ис.з.сторона В		1,1 Ином.т =1018,22 А
Ис.р.сторона В		5,1 А
тс.з.сторона В		10 с

## 5. Экономическая часть

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						67
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Поскольку в результате исследования схемы электроснабжения цеха пришли к выводу о необходимости замены морально и технически устаревших вакуумных выключателей на новые, для этого необходимо определить затраты на демонтаж старого, приобретение и монтаж нового, то есть определить сметную стоимость предлагаемой реконструкции схемы.

Реконструкция – это осуществляемое по единому проекту полное или частичное переоборудование и переустройство производства с заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования. Это приводит к повышению уровня механизации и автоматизации производства, ликвидации «узких мест», что обеспечивает увеличение объема выпускаемой продукции с меньшими удельными затратами и сроками, чем при строительстве новых или расширении действующих предприятий. В данном случае уменьшаются затраты на обслуживание и ремонт выключателей.

### 5.1 Смета расходов по замене выключателя

Смета – финансово-экономический документ, характеризующий предел допустимых затрат на сооружение, монтаж и прочие подготовительные работы, необходимые для сооружений объекта в соответствии с выбранным проектом и ввода объекта в эксплуатацию. В сметах определяются денежные, трудовые и материальные затраты, необходимые для выполнения определенного объема строительно-монтажных работ.

Сметная стоимость является основной для финансирования строительства, расчета за выполнения строительно-монтажных работ, оплата расходов по приобретению оборудования и его доставки на стройку, а также возмещения прочих затрат за счет средств на капитальное строительство.

Правильно составленная сметная документация, принятая и согласованная заинтересованными организациями (подрядчиком и заказчиком) является основным и неизменным финансовым документом на весь период строительства и производства монтажных работ, по которому оценивается деятельность строительных организаций.

Сметы подразделяются на: объектные и локальные.

Объектная смета-сметный расчет, содержащий расчет объемов затрат и работ на различные виды строительно-монтажных работ: приобретение оборудования и его монтаж, прочие работы и затраты по отдельным объектам строительного комплекса. Смета составляется инженером-сметчиком, и должна иметь не менее трех подписей: составителя, главного инженера предприятия, на котором составляется смета, представителя заказчика.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						68
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Для определения сметной стоимости используются сметные нормы и правила на строительные работы (СНиП), прейскуранты на оборудование, ценники на монтаж оборудования, единичные расценки и нормативы, характеризующие сметную стоимость единицы строительных работ, включая стоимость материалов, заработную плату рабочих, затраты на эксплуатацию используемых механизмов и нормы накладных расходов.

При составлении сметы «На приобретение и монтаж электросилового оборудования» составляются два документа по ГЭСНм-2001. Государственные элементные сметные нормы (ГЭСНм) предназначены для определения потребности в ресурсах (затраты труда рабочих, строительные машины, материалы) при выполнении работ по монтажу электротехнических установок и для составления сметных расчетов (смет) ресурсным методом. ГЭСНм-2001 являются исходными нормативами для разработки единичных расценок на работы федерального, территориального, отраслевого уровней, индивидуальных и укрупненных норм (расценок) и других нормативных документов, применяемых для определения прямых затрат в сметной стоимости монтажных работ.

ГЭСНм отражают среднеотраслевые затраты на эксплуатацию строительных машин и механизмов, технологию и организацию работ по монтажу оборудования. ГЭСНм обязательны для применения всеми предприятиями и организациями, независимо от их принадлежности и форм собственности, осуществляющими строительство с привлечением средств государственного бюджета всех уровней и целевых внебюджетных фондов.

Для строений, финансирование которых осуществляется за счет собственных средств предприятий, организаций и физических лиц, ГЭСНм носят рекомендательный характер.

В первом документе, который называется «Локальная ресурсная ведомость», собирается сумма всех ресурсов, необходимых для производства работ в натуральных единицах измерения, т.е. в шт., кг, чел.-час, маш.-ч., т., и т.д. по следующей структуре: раздел 1 «Затраты труда рабочих – монтажников или строителей» (учитывая средний разряд работников, измеряются в человеко – часах), раздел 3 – «Машины и механизмы», с перечислением всех используемых машин и механизмов и временем их использования в маш.-ч., раздел 4 – «Материалы» основные и дополнительные. Перечень всех необходимых материалов, машин и механизмов, количества чел.-час и маш.-ч. Указан в ГЭСНм-2001 соответствующему виду выполняемых работ. Для каждого вида машин и механизмов и материалов указывается шифр норматива и код ресурса в соответствии ГЭСНм-2001-08. Далее составляется итоговая сводка в натуральных единицах по всем необходимым ресурсам, внесенным в составленную локальную ресурсную ведомость. Итоги подводятся по каждому разделу всех видов оборудования для каждого наименования

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						69
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

машин и механизмов, затрат труда машинистов и каждому разряду рабочих, вида материалов. Локальная ресурсная ведомость не содержит данных в денежном выражении, для перевода натуральных единиц в денежные составляется второй документ.

Во втором документе, который называется «Локальный ресурсный сметный расчёт», на основании полученных в локальной ресурсной ведомости результатов, проводится расчет сметной (денежной) стоимости комплекса электромонтажных работ. Для расчета оплаты труда рабочих и машинистов в соответствии с разрядом, пользуются данными бухгалтерии или условиями контракта между работодателем и работником. Полученная сумма называется Фонд Оплаты Труда (ФОТ). На ФОТ начисляется сметная прибыль в % и накладные расходы в % (зависят от реального производства).

Для определения затрат на каждый вид машин и механизмов учитывают имущественную принадлежность этого механизма: для арендованных учитывают стоимость 1 маш.-ч. Аренды по договору аренды, для собственных – стоимость 1 маш.-ч работы по данным бухгалтерии или другим источникам. Стоимость каждого вида материалов (основных и дополнительных) определяется по каталогам заводов-изготовителей, прескурантам фирм-реализаторов, прайс-листам или другим источникам в реальных ценах на момент составления сметного расчета. В рамках дипломного проекта составлять локальный ресурсный сметный расчет нет возможности в силу коммерческой тайны организации.

В экономическом разделе ВКР составим локальную ресурсную ведомость (т.е. определим затраты на монтаж в натуральном выражении), а стоимость нового оборудования в рыночных ценах [16]

Приведем локальную ресурсную ведомость на замену выключателей

Таблица 5.1

№ п\п	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат	Единицы измерения	Количество	
				На единицу измерения	Общая величи- на
1	2	3	4	5	6
	08-01-059-1	Демонтаж масляных выключателей		2	
1		Затраты труда рабочих монтажников	чел.-ч	3,975	7,95
1.1		Средний разряд работы	чел.-ч	2	
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч	0,505	1,01
3	Машины и механизмы				
	021102	Краны на автомобильном ходу при ра-	маш.-ч	0,195	0,39



		боте на монтаже технологического оборудования 10т			
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш.-ч	0,195	0,39
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96(16) кН(т)	маш-ч	0,115	0,23
08-01-059-1		Монтаж вакуумных выключателей	2		
1		Затраты труда рабочих монтажников	чел.-ч	7,95	15,9
1.1		Средний разряд работы		4	
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч	1,01	2,02
3	Машины и механизмы				
	021102	Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования 10т	маш.-ч	0,39	0,78
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш-ч	0,39	0,78
	030408	Лебедки электрические, тяговым усилием 156,96(16) кН(т)	маш-ч	0,23	0,46
4	Материалы				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг	1,35	2,7
	101-9852	Краска	кг	0,17	0,34
	500-9807	Оконцеватели маркировочные	100шт	0,1	0,2
	101-9925	Шайбы квадратные	100шт	0,04	0,08
ИТОГО по ресурсной ведомости					
1		Затраты труда рабочих монтажников	чел.-ч		23,85
2		Затраты труда машинистов	чел.-ч		3,03

Продолжение таблицы 5.1

	Шифр, номера	Наименование	Единицы	Количество
--	--------------	--------------	---------	------------

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						71
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

№ п\п	нормативов и коды ресурсов	работ и затрат	измерения	На единицу измерения	Общая величи- на
1	2	3	4	5	6
3	Машины и механизмы				
	021102	Краны на автомо- бильном ходу при ра- боте на монтаже тех- нологического обору- дования 10т	маш-ч		1,17
	400002	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 8 т	маш-ч		1,17
	030408	Лебедки электриче- ские, тяговым усили- ем 156,96(16) кН(т)	маш-ч		0,69
4	материалы				
	101-1977	Болты строительные с гайками и шайбами	кг		4,05
	101-9852	Краска	кг		0,51
	500-9807	Оконцеватели марки- ровочные	100шт		0,3
	101-9925	Шайбы квадратные	100шт		0,12

В выпускной квалификационной работе предлагается реконструкция силовых выключателей. Необходимые расходы на оборудование представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 - Смета на оборудование [26]

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Стоимость, без НДС,руб/шт.	Общая стои- мость, руб.
1	Выключатель вакуумный типа – ВБЭ-10- 31,5(20)/630-3150 УХЛ2	2	124340	284680

## 6. Техника безопасности

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						72
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Охрана труда – это система законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. [11]

Актуальной темой в наше время является «анализ опасных и вредных факторов на производстве», так как существует большая вероятность их возникновения, в данном случае в сушильном цехе целлюлозного завода. В частности есть опасность пожара, взрыва, поражения электрическим током и т.д. Повышенные параметры микроклимата могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Поэтому нужно рассматривать этот вопрос, чтобы максимально устранить такие ситуации.

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Весь электротехнический персонал сушильного цеха, обслуживающий электроустановки, проходит специальное обучение безопасным методам работы с последующей проверкой знаний Правил технической эксплуатации (ПТЭ) [12] и Правил техники безопасности (ПТБ) [13] и присвоением определенной квалификационной группы.

Все основные положения ПТЭ [12], Правил по охране труда [13], государственные стандарты (ГОСТы), характерные для специфики конкретного предприятия отражаются в должностных инструкциях и инструкциях по охране труда, принятые руководством предприятия для предприятия в целом, а в частных случаях и для каждого цеха в отдельности.

## 6.1 Краткая характеристика объекта

Целлюлозный завод Усть-Илимска расположен на незатопляемой, несейсмичной территории, т.е. опасные природные факторы практически отсутствуют.

Данное предприятие является частью большого производственного комплекса, поэтому большое значение для создания благоприятной воздушной атмосферы на предприятии имеет правильная планировка промышленной площадки. Корпуса промышленных и административных зданий расположены на таком расстоянии, что накопление между ними загрязняющих веществ, находящихся в зоне аэродинамической тени, полностью исключено.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						73
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Предприятие расположено от города на расстоянии 20 км с учетом “розы ветров”. Все объекты, расположенные на территории предприятия, имеют ограждения из стальной сетки высотой 1.5м. На территории отсутствуют всевозможные овраги и выемки, которые могут быть местами скопления отходов производства. Материалы, оборудование, сырье, готовая продукция хранятся на складах и специально подготовленных площадках.

На территории предприятия имеются резервуарные парки и отдельно стоящие резервуары с горючими жидкостями (бензин, мазут), сжиженным хлором, которые расположены на более низких отметках по отношению к зданиям и сооружениям предприятия, и обнесены сплошными несгораемыми стенами, предотвращающими возможность проникновения разлившейся жидкости, за пределы ограждающих сооружений при авариях резервуаров.

На территории предприятия для хранения отходов производства отведены специальные площадки.

## 6.2 Общая характеристика опасных и вредных производственных факторов

Производственная среда – это часть техносферы, обладающая повышенной совокупностью негативных факторов [14]. Основными носителями травмирующих и вредных факторов в производственной среде являются машины и другие технические устройства, источники энергии, несогласованные действия работающих, а также отклонение от допустимых параметров микроклимата рабочей зоны.

Под опасным производственным фактором понимают фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья или смерти [11].

Вредным производственным фактором называют производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и к отрицательному влиянию на здоровье потомства [14].

Опасные и вредные производственные факторы подразделяются на группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Опасные и вредные производственные факторы, имеющие место в сушильном цехе целлюлозного завода приведены в таблице 6.1

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						74
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Опасные и вредные производственные факторы	Источники, места и причины возникновения опасных и вредных факторов	Нормализуемые показатели, их значения	Основные средства защиты
Физические факторы			
Движущиеся машины	Грузоподъемные: лифты, краны. Транспортирующие: авто- и электропогрузчики, движущийся по территории автотранспорт с лесосырьем		Предохранительные и блокировочные устройства, сигнальные приборы, ограждения. Регулярные профилактические осмотры. Соблюдение правил эксплуатации персоналом.
Незащищенные подвижные элементы производственного оборудования	Устройства для перемещения древесной щепы, транспортеры, конвейеры.		Ограждения, соблюдение правил эксплуатации, предохранительные надписи, применение специальных пусковых и остановочных устройств.
Повышенная температура воздуха рабочей зоны	Технологический процесс.	ПДУ. Холодный период года $17 \div 23$ °С. Теплый период года, $5^0 + T_{ср}$ самого жаркого месяца: $5^0 + 25^0 = 30^0$ С	Воздушные оазисы. Специальные помещения для управления технологическим процессом. Специальная одежда.
Повышенная температура оборудования	Технологическое оборудование		Теплоизоляция нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов.
Уровни шума и вибрации на рабочих местах, превышающих ПДУ	Технологическое оборудование: Вакуум – насосы, вакуум – фильтры, вибрационные сучколовители, рубительные машины.	ПДУ. 85 (дБА) $1.3 \cdot 10^{-2}$ (мс <sup>-1</sup> )	Звукоизоляция специальных помещений для управления технологическим процессом. Звукоизоляция источников (активные и реактивные глушители).
Отсутствие естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны.	Конструкция корпусов производственных цехов.	Производственные цеха: $E_n = 75$ (лк). Пульты управления, мастерские: $E_n = 300$ (лк).	Искусственное освещение. Смонтированы и действуют системы рабочего, ремонтного и аварийного освещения.

Опасные и вредные производственные факторы	Источники, места и причины возникновения опасных и вредных факторов	Нормализуемые показатели, их значения	Основные средства защиты
Наличие в воздухе раб. зоны некоторых цехов древесной пыли, конц. которой периодич превышает ПДК	Технологический процесс производства и транспортировки технологической щепы	ПДУ. 6 (мг / м <sup>3</sup> )	Приточно-вытяжная вентиляция.
Химические факторы			
Хлор	Склад жидкого хлора, хлоропроводы, отбельные установки	ПДК: 1 (мг / м <sup>3</sup> )	Средства коллективной защиты; Местная вытяжная вентиляция; Общеобменная вентиляция с удалением воздуха из верхней и нижней зон помещений; Средства индивидуальной защиты; Респираторы (Ф – 57, РУ – 60); Противогазы и поглотители к ним;
Двуокись хлора	Система для получения двуокиси хлора (реактоы, баки хранения). Отбельные установки	ПДК: 0.1 (мг / м <sup>3</sup> )	
Сернистый ангидрид	Сдувочные газы в процессе варки сульфатной целлюлозы	ПДК: 10 (мг / м <sup>3</sup> )	
Метиловый спирт (метанол)		ПДК: 5 (мг / м <sup>3</sup> )	
Скипидар	Сдувочные газы и побочное производство	ПДК: 300 (мг / м <sup>3</sup> )	
Электричество			
Опасные и вредные производственные факторы	Источники, места и причины возникновения опасных и вредных факторов	Основные средства защиты.	
Электрический ток.	Электрооборудование: электродвигатели, кабельные линии, распределительные устройства 10 кВ, комплектные трансформаторные подстанции и др. электроустановки.	Защита от прикосновения к токоведущим частям: ограждения, изоляция, блокировка и размещение токоведущих частей в недоступных для людей местах. Контроль изоляции. Защитное заземление: естественные и искусственные заземлители. Зануление.	
Статическое электричество.	Контактная электризация (при соприкосновении и последующем разделении двух твердых неоднородных тел, движущиеся ременные передачи, конвейерные ленты, движение низкоэлектропроводных жидкостей по трубопроводам)	Заземление оборудования и коммуникаций. Добавление в электризуемые вещества антистатических добавок. Ионизация окружающего воздуха (индукционные, высоковольтные, радиактивные нейтрализаторы).	

## 6.3 Нормализация санитарно – технических условий труда

### 6.3.1 Освещение

Для сушильного цеха характерно отсутствие естественное освещение. Освещенность в цеху должна быть не менее  $E_n=75$  (лк), что соответствует IVa разряду зрительной работы (средняя точность) при комбинированном освещении [27].

Освещенность на пультах управления должна быть не менее  $E_n=300$  (лк) при комбинированном освещении, что соответствует IIб разряду зрительной работы (очень высокая точность) [27].

### 6.3.2 Микроклимат

Параметрами микроклимата, при которых выполняет работу человек и от которых зависит теплообмен между организмом человека и окружающей средой, являются температура окружающей среды ( $t$ ), скорость движения воздуха ( $v$ ) и влажность воздуха ( $\phi$ ).

Разряд работ: Рабочие в цеху, мастерских, помещениях КТП – средняя тяжесть IIа. Рабочие на пультах управления – легкая физическая I. [28].

Таблица 6.2

Параметры	Величина параметра	
	Оптимальная	Допустимая
Температура $t=26,2^{\circ}\text{C}$	$(19-21)^{\circ}\text{C}$	$(21,1 -23)^{\circ}\text{C}$
Влажность $\phi=35\%$	$(60-40)\%$	$(15 -65)\%$
Скорость воздуха $v=0,1\text{м/с}$	Не более 0,2	0,2-0,4м/с

### 6.3.3 Шум

В табл. 6.3 приведены допустимые уровни звукового давления и звука на рабочих местах. [29].

Таблица 6.3

Уровень звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц).									Эквивалентный уровень звука (дБ) по шкале А.
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
83	77	75	77	75	76	77	77	67	84

В настоящее время существуют следующие методы защиты от шума:

- 1) Инженерный – снижение шума в источнике его образования, что осуществляется при проектировании машин и технологического процесса. Данный метод является основным при борьбе с шумом в данном производстве.
- 2) Строительно – акустический метод (звукоизоляция источников, звукопоглощение кабины наблюдения и т.д.) применяется при проектировании и реконструкции производственных помещений, когда инженерным методом снизить шум до нормы невозможно.

Шум в источнике уменьшают за счет повышения точности изготовления отдельных узлов машин, уменьшения зазоров, улучшения балансировки движущихся частей, замены стальных шестерен пластмассовыми и др.

Интенсивный шум, вызванный вибрацией, можно уменьшить покрытием вибрирующей поверхности материалом с большим внутренним трением, при этом часть звуковой энергии поглощается. Чем больше плотность прилегания материала к вибрирующей поверхности, тем больше эффект поглощения.

Звукопоглощение обусловлено переходом колебательной энергии в тепло трения в легких и пористых звукопоглотителях (в войлоке, стекловате, поролоне и других материалах). В малых помещениях звукопоглотительными материалами облицовывают стены. В больших помещениях (более 3000 м<sup>3</sup>) облицовка малоэффективна, снижение шума достигается с помощью звукопоглощающих экранов (плоских и объ-



емных). Экраны размещают вблизи источников шума и снижение шума при этом достигает 7÷8 (дБ).

Звукоизоляция – метод снижения шума путем создания конструкций, препятствующих распространению шума из одного помещения в другое. Звукоизолирующие конструкции изготовляют из плотных твердых материалов (металл, дерево, пластмасса), хорошо препятствующих распространению звука.

Шумящие агрегаты можно изолировать с помощью звукоизолирующих кожухов, которые следует устанавливать без жестких связей с оборудованием. Для увеличения эффективности звукоизоляции внутренние поверхности кожухов облицовывают звукопоглощающими материалами.

Глушители шума применяют для уменьшения шума аэрогазодинамических установок. Глушители разделяются на активные, поглощающие поступившую в них звуковую энергию, и реактивные, отражающие энергию обратно к источнику. Простейшим глушителем активного типа является трубчатый глушитель (круглый или квадратный), а также экраный (листовой). Они работают главным образом по принципу резонансного поглощения звука. Примером использования активных и реактивных глушителей могут служить, использующие в технологическом цикле по производству сульфатной целлюлозы в варочно-промывном цехе, вакуум – насосы.

Общие технические решения не всегда позволяют снизить шум до допустимой величины. В этих случаях используются индивидуальные средства: наушники, вкладыши, шлемы. Наушники типа ВЦНИИОТ снижают уровень звукового давления от 7 до 38 (дБ) в диапазоне среднегеометрических частот полос 125÷8000 (Гц). Вкладыши в виде мягких тампонов из ультратонкого волокна, иногда пропитанные смесью воска и парафина, а также жесткие (эбонитовые, резиновые) вставляют в слуховой канал и снижают шум на 5÷20 (дБ). [29]

#### 6.4.4 Вредные вещества

На целлюлозном заводе используется большое количество разнообразных химических веществ – в качестве исходных или промежуточных материалов для технологических процессов, побочных или вспомогательных продуктов, а также готовой продукции. Очень часто приходится встречаться с комбинированным действием химических вредных веществ на организм человека.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						79
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

В процессе производства могут выделяться следующие вредные химические вещества: сернистый ангидрид, двуокись хлора, хлор, сероводород, летучие серосодержащие органические соединения, щелочи, скипидар, метиловый спирт. Источниками данных веществ являются неисправное оборудование и технологический процесс. [30]

Таблица 6.4

Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Химическое вещество	Концентрация, (мг/м <sup>3</sup> )
Хлор	1
Метилмеркаптан	0.8
Диметилсульфиды	50
Диметилдисульфиды	50
Скипидар	300
Метиловый спирт	5
Двуокись хлора	0.1
Сернистый ангидрид	10

Для защиты от воздействия вредных веществ основными профилактическими мероприятиями являются: автоматизация и механизация производственных процессов на участках, где возможно выделение вредностей; дистанционное управление процессами и операциями позволяет вывести работающих из зоны действия вредных веществ; широкое применение непрерывных процессов исключает выделение токсичных веществ в помещение при разгерметизации оборудования, как это имеет место в периодических процессах; установка автоматических газоанализаторов и газосигнализаторов, предупреждающих о превышении содержания вредных веществ в воздухе помещений. Необходимо также совершенствование технологического оборудования, при работе которого исключались бы или резко уменьшались вредные выделения в окружающую среду.

Для защиты от вредных газо- и паровыделений обязательно следует предусматривать устройство местной вытяжной вентиляции непосредственно от мест их образования. Местные отсосы должны быть заблокированными с оборудованием так, чтобы агрегат не мог работать при выключенном отсосе [30].

Особые требования предъявляются и к устройству помещений, где ведутся работы с токсичными веществами. Так, стены, полы, поверхностные конструкции помещения должны быть гладкими, исключать сорбцию вредных веществ, позволять делать легкую уборку и мытье.

В тех случаях, когда ни герметизация оборудования, ни работа вентиляционных установок, ни соблюдение санитарных норм проектирования зданий не исключают на отдельных производственных участках непосредственный контакт работающих с вредными веществами, применяют средства индивидуальной защиты.

Большое значение в поддержании на рабочих местах ПДК вредных веществ имеет постоянный контроль со стороны санитарных лабораторий.

Для своевременного предупреждения, выявления и лечения профессиональных отравлений и заболеваний рабочие, имеющие контакт с вредными веществами, проходят предварительные и периодические медицинские осмотры.

На предприятии образована газоспасательная служба, которая следит за состоянием воздушной среды на газоопасных участках, обучает работающих правилам работы в аварийных ситуациях и пользованию средствами индивидуальной защиты. Создание газоспасательной службы обязательно, если в процессе производства при нарушении правил безопасности или технологических регламентов возможны взрывы или загазованность, угрожающая жизни работающих.

#### 6.4 Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках, относящихся к сушильному цеху

##### 6.4.1 Организационные мероприятия

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работы в действующих электроустановках, являются [13]:

- 1) оформление работы нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- 2) получение разрешения на подготовку рабочего места и допуск к нему;
- 3) допуск к работе;
- 4) надзор во время работы;
- 5) оформление перерыва в работе, переводов на другое место, окончания работы.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		81

Работы в электроустановке могут выполняться [13]:

- по наряду-допуску (срок действия - до 15 дн, продляется еще на 15 дн);
- по распоряжению (в течение смены);
- в порядке текущей эксплуатации работы постоянно разрешенные.

Наряд - составленное на специальном бланке задание, определяющее содержание, место, время начала и окончания работ, необходимые меры безопасности, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ.

Распоряжение - носит разовый характер, выдается на срок не более одной смены, подлежит обязательной регистрации в книге по учету работ.

#### 6.4.2 Технические мероприятия

Целью этих мероприятий является подготовка безопасного рабочего места.

Мероприятия выполняются в следующей последовательности:[13]

- Отключение ремонтируемого электрооборудования и принятие мер против ошибочного его обратного включения или самовключения;
- Установка временных ограждений на отключенных токоведущих частях и вывешивание запрещающих плакатов «Не включать! работают люди» или «Не включать! работа на линии» и др.;
- Присоединение переносного заземления-закоротки к заземляющей шине стационарного заземляющего устройства и проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях, которые для безопасности производства работ подлежат замыканию накоротко и заземлению;
- Наложение переносных заземлений на отключенные токоведущие части электроустановки сразу после проверки отсутствия напряжения или включение специальных заземляющих ножей разъединителей, имеющихся в РУ;
- Ограждение рабочего места и вывешивание на нем разрешающего плаката «Работать здесь».

Эти технические мероприятия выполняет допускающий к работе по разрешению лица, отдающего распоряжение на производство работ. Допускающим к работе в электроустановках может быть лицо из числа дежурного или оперативно-ремонтного персонала в электроустановках до 1 кВ с квалификационной группой не ниже III, а в установках выше 1 кВ – с группой IV. [13]

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						82
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

При поступлении на работу, связанную с электроустановками, поступающий прослушивает инструктаж по технике безопасности. При допуске к работе, лицо сдает экзамены по ПТЭ[12] и ПОТ[13]. Производственный персонал предприятий энергосистемы проходит систематическое обучение по ТБ.

Для защиты от воздействия вредных, опасных производственных факторов необходимо пользоваться следующими средствами защиты:

- для защиты от воздействия электрическим током служат следующие защитные средства: указатели напряжения, изолирующие штанги, инструмент с изолированными ручками для работы в электроустановках до 1000 В, диэлектрические перчатки, боты, галоши, ковры, изолирующие прокладки и подставки, переносные заземления, огражденные устройства;
- для защиты головы от ударов случайными предметами необходимо пользоваться защитными касками;
- при работе на движущихся машинах, механизмов, не должно быть развивающейся одежды, которая может быть захвачена движущимися частями механизмов;
- при недостаточной освещенности рабочей зоны необходимо пользоваться дополнительным освещением;
- работу при низкой температуре следует выполнять в теплой одежде и чередовать по времени с пребыванием в обогреваемом помещении. [13]

#### 6.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях

В случае возникновения аварийной ситуации в электроустановках Целлюлозного завода, электромонтер должен руководствоваться правилами технической эксплуатации и правилами техники безопасности электроустановок потребителей. [14]

При возникновении аварийной ситуации и выбросе хлора, следует помнить, что производственные цеха главного корпуса Целлюлозного завода находятся в наиболее опасной зоне возможного распространения хлора, поэтому при производстве работ в указанных цехах иметь при себе противогаз с коробкой желтого цвета марки “В”.

При аварии на оборудовании с хлором подается звуковой сигнал (сирена), один продолжительный гудок в течение пяти минут.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						83
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

При производстве работ в цехах главного корпуса и обнаружении запаха хлора сообщить мастеру смены данного цеха о загазованности и выйти из загазованной зоны. Действия персонала при этом должны быть четкими и с соблюдением инструкции по мерам безопасности для всех работающих на Целлюлозном заводе при возникновении аварийной ситуации и выбросе хлора.

#### 6.6 Пожарная безопасность помещений и процессов

На предприятиях причинами возникновения пожаров в основном являются: неосторожное обращение с огнем; неправильное устройство и эксплуатация электрооборудования (перегрузки в сети, недостаточное сечение проводников, необоснованный выбор электродвигателей, приборов автоматики); нарушение технологического процесса и эксплуатация неисправного технологического оборудования; искры, летящие от производственного оборудования; неправильный выбор системы отопления; неправильное устройство и неисправность вентиляционных систем; самовоспламенение и самовозгорание горючих материалов при хранении; разряды статического электричества; грозовые разряды при отсутствии или неисправности молниеотводов; нарушение правил газосварки; нарушение правил пожарной безопасности при хранении сгораемых материалов. [14]

На случай возникновения пожара в мастерских цехов имеются следующие типы огнетушителей:

- 1) ОУ–2 (ОУ–5), углекислотные огнетушители, предназначенные для тушения небольших загораний всех видов. Огнетушитель действует в течение 30– 40 (с) на расстоянии до 2 (м).
- 2) ОУБ–3Н, углекислотно – бромэтиловый огнетушитель, пригоден для тушения твердых и жидких горючих веществ, а также находящихся под напряжением электроустановок, поскольку бромистый этил не проводит электрический ток.
- 3) ОП–1Б, порошковый огнетушитель, предназначенный для тушения небольших очагов загорания щелочных металлов, тушение которых водой не допускается. Продолжительность действия этого огнетушителя около 30 (с).

Кроме этого на предприятии имеется внутренний пожарный водопровод, а также для быстрой и своевременной ликвидации очага возгорания на территории открытого склада коры, щепы и опилок установлены водоструйные аппараты расположенные по периметру склада на специальных вышках.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						84
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Для быстрой ликвидации пожаров, в цехах предприятия имеется электрическая система сигнализации и связи. Приборы – извещатели, установленные на рабочих объектах, приводятся в действие вручную. Извещатели системы сигнализации включены по лучевой (радиальной) схеме.

Поскольку в состав Целлюлозного завода и промышленного комплекса в целом входит ряд объектов с повышенной пожарной опасностью, на территории предприятия создана военизированная пожарная часть, имеющая в своем распоряжении необходимые современные технические средства тушения пожаров. Кроме того, на военизированную пожарную часть возлагается повседневное проведение профилактических мероприятий по предупреждению пожаров.

## 6.7 Вывод

Электрическая энергия как неотъемлемая часть современной жизни, одновременно является источником повышенной опасности для здоровья и жизни человека.

Поэтому необходимо знать и самое важное соблюдать правила технической эксплуатации, правила техники безопасности и исполнять инструкции по охране труда для конкретных цехов и в целом на предприятии.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						85
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

## Заключение

В выпускной квалификационной работе исследована схема электроснабжения сушильного цеха. В первой части работы раскрывается краткая характеристика всего предприятия, приведено краткое описание технологического процесса в основных цехах производства целлюлозы.

Во второй части проекта рассчитана электрическая нагрузка в сети 0,4кВ на примере сушильного цеха, которая составила 12359,57 кВА, Высоковольтная нагрузка по РП-3 составила 24779,59 кВА, по РП-4- 24552,77 кВА, по РП-5- 7808,68 кВА, по РП-6- 7609,35 кВА. Также проведен проверочный расчет трансформаторов связи ТДНС10000/10, 10/6 кВ РП-3/5, которые проходят по условиям проверки в нормальном и послеаварийном режиме.

В третьей части проекта произведен расчет токов короткого замыкания на стороне 6-10кВ результаты, которых приведены в таблице 3.1. Произведена проверка основного электрооборудования на РП-3 и РП-5 на термическую и электродинамическую устойчивость, после которой было установлено, что все высоковольтные аппараты и токоведущие части системы электроснабжения соответствуют предъявляемым к ним требованиям ПУЭ. Однако предлагается заменить высоковольтные выключатели на более новые.

В специальной части выпускной квалификационной работы рассмотрен вариант замены дифференциальной защиты ДЗТ-11 трансформаторов связи ТДНС10000/10 , на микропроцессорную «Micom P632»

В экономической части выпускной квалификационной работы составлена локальная ресурсная ведомость на замену выключателей.

В разделе техника безопасности рассмотрены вредные и опасные производственные факторы и меры защиты от них, организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках. Так же затрагивается вопрос о санитарно-технической нормализации труда.

Исследование схемы электроснабжения, рассмотренное в данной выпускной квалификационной работы, позволило определить, что данная электрическая схема электроснабжения пригодна к дальнейшей эксплуатации.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						86
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		



## Список литературы

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-е издание. М.: “Издательство НЦ ЭНАС” 2002г, 928с
2. Емцев А.Н., Попик В.А. Проектирование систем электроснабжения, электрических систем и сетей. Методические указания по дипломному проектированию. Изд-во Братск БРГУ 2009. – 48 с.
3. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения :учебное пособие. Попик В.А. Булатов Ю.Н.-Братск ФГБОУ ВПО «БрГУ»,2011.-112с.
4. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок. Учеб. пособие. – Томск.: Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с..
5. Рекус,Г.Г. Электрооборудование производств: Справ. Пособие/Г.Г.Рекус.-М: Высш. шк. 2007
6. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования.- 2-е изд. испр.- М.: ФОРУМ: ИНФРА - М,2008.-214 с., ил.
7. Емцев А.Н.. Электрическая часть станций и подстанций. Проектирование электрической части ТЭЦ. Учебное пособие. Братск: ГОУВПО БрГУ,2005.
8. Киреева Э.А. Цырук С.А. Справочник электрика. Изд-во Колос,2007.
9. Маньков В.Д. основы проектирования систем электроснабжения. справочное пособие.- СПб: НОУ ДПО «УМИТЦ» Электро Сервис» 2010
10. Попик В.А., Булатов Ю.Н. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения . Учебное пособие. Изд-во братск БРГУ 2011.
11. В.А. Девисилов Охрана труда: Учебник-2-е изд., испр.и доп.-М.:ФОРУМ ИНФРА-М,2006.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.- М: Изд.-во ИНФРА-М,2014.
13. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.2014г.
14. Белова С. В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студентов высших учеб. заведений. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2002.
15. Проектирование систем электроснабжения, электрических систем и сетей: методические указания/А.Н. Емцев, В.А. Попик.- Братск, 2009.- 48с
16. Игнатьева С.М.. Экономический расчет комплекса электромонтажных работ. Методические указания к курсовой работе. Изд-во Братск БРГУ – 2010. – 73

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		87

17. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» Методические указания по выбору параметров срабатывания РЗиА подстанционного оборудования.

Режим доступа: [http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO\\_56947007-29.120.70.100-2011.pdf](http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.120.70.100-2011.pdf). дата обращения: 05.05.2016 г.

18. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: Учеб. пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2008. – 254 с.

19. Балаков, Ю.Н. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов.- 2-е изд., стереот.-М.:Издательский дом МЭИ, 2006.-288 с., ил.

20. Изображение и обозначение элементов электрических схем: методические указания к выполнению дипломного проекта / А.Н. Емцев, В.А. Попик.- Братск: БрГУ, 2011.

21. Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро / Под ред. Д.Л. Файбисовича. 2-е изд., перераб и доп. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.- 352 с.: ил.

22. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. «Электрическая часть электростанций и подстанций» БХВ-Петербург, 2013 год, 608 стр.

23. Народная энциклопедия Усть-Илимска. Статья: Усть-Илимский лесопромышленный комплекс (ЛПК).

Режим доступа: <http://priilimie.ru/economy/lesprom/material/node/42> дата обращения: 10.04.2016 г.

24. Кабельные изделия. Справочник. Автор: Алиев И.И., издание 2-е, 2004.

25. Справочник по электрическим машинам, М.М.Кацман, "Академия", 2005 г.

26. ООО «БЭСТЭР». Прайс-лист. Вакуумные выключатели.

Режим доступа: [http://essk.su/price/price\\_3.pdf](http://essk.su/price/price_3.pdf) дата обращения: 17.05.2016 г.

27. СНиП 23 – 05 – 95 «Естественное и искусственное освещение»

28. СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

29. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях, жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

30. ГОСТ 12.1.005 – 88 “Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.

					13.03.02-ЭП-17-ВКР-016-18-ПЗ	Лист
						88
Изм	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		