

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт

Факультет механико-технологический  
Базовая кафедра техники и технологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, к.т.н.,  
доцент  
\_\_\_\_\_ А.В. Прохоров  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Расчет электроснабжения цеха по штамповке металлоизделий

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 130302.2017.501. ПЗ ВКР

Руководитель работы,  
Инженер по ВНТиТ  
\_\_\_\_\_ С.Н. Разыграев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы -  
студент группы ДО-581  
\_\_\_\_\_ П.О. Форинко  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер, старший  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ Д.П. Химичева  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Озерск 2017

## АННОТАЦИЯ

Форинко, П.О. Расчет электроснабжения цеха по штамповке металлоизделий. – Озерск: ЮУрГУ, ДО-581; 2017. – 164 с. 2 илл., библиогр. список – 46 наим., 25 прил., 4 чертежа ф. А1.

Предлагается:

В период выполнения выпускной квалификационной работы решены задачи, связанные с электроснабжением механического цеха по штамповке металлоизделий, а именно предложены варианты выбора числа, типа, мощности трансформаторной подстанции. После рассмотрения вариантов выбран оптимальный вариант на основе технико-экономического сравнения.

Производственный расчёт токов короткого замыкания в схеме электроснабжения должен помочь правильно выбрать параметры защитной и коммутационной аппаратуры, оценить величину тока короткого замыкания и воздействие его на схему в различных её точках.

Все принимаемые конструктивные решения технически обоснованы теми или иными причинами и соответствуют требованиям нормативных документов.

					<b>130302.2017.501 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Расчет электроснабжения цеха по штамповке металлоизделий	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Форинко П.О.				Д	2	164
<i>Провер.</i>		Разыграев С.Н.				ЮУрГУ базовая кафедра техники и технологии		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Химичева Д.П.						
<i>Утверд.</i>		Прохоров А.В.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ		9
1	АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА	
1.1	Обзор литературы и работ, связанных с проектированием систем электроснабжения промышленных предприятий.....	12
1.2	Характеристика предприятия и источников питания.....	16
2	СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	17
3	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА	
3.1	Характеристика технологического процесса и электрооборудования цеха.....	19
3.2	Выбор номинального напряжения сети по формуле.....	19
3.3	Выбор трансформаторов Т1, Т2.....	20
3.4	Выбор воздушных линий и опор	
3.4.1	Определяются параметры по линии $W_1$ .....	21
3.4.2	Выбор опор для линии 110 кВ.....	23
3.5	Технико-экономический расчет капиталовложений в подстанцию 6/0,4 кВ	
3.5.1	Выбор трансформаторов Т3, Т4, кабельной линии, коммутационной аппаратуры расчет капиталовложения в подстанцию, расчет потерь электрической энергии в трансформаторах и ее стоимости.....	24
3.5.2	Выбор кабельных линий по стороне 6 кВ.....	25
3.6.1	Расчет токов короткого замыкания линий.....	26
3.7	Выбор высоковольтных выключателей	
3.7.1	Выбор выключателей В4 на напряжение 6кВ.....	26
3.7.2	Выбор выключателей В3, В5 на напряжение 6кВ.....	27
3.7.3	Выбор выключателей В2, В6 на напряжение 110кВ.....	27

					<b>130302.2017.501 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3



3.21	Расчет отклонений напряжения в максимальных и послеаварийных режимах.....	39
3.22	Расчёт токов короткого замыкания на линии 0,4 кВ.....	43
3.23	Выбор и проверка защитной аппаратуры для схемы электроснабжения цеха.....	45
3.24	Расчет заземляющих устройств механического цеха.....	47
3.25	Расчет молниезащиты механического цеха.....	48
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Расчет капиталовложений в подстанцию 6/0,4 кВ..	55
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Расчёт токов короткого замыкания в относительных единицах.....	60
	ПРИЛОЖЕНИЕ В Выбор и проверка вакуумных выключателей В3, В4, В5 на напряжение 6 кВ.....	66
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г Выбор и проверка выключателей В2, В6 на напряжение 110 кВ.....	70
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д Выбор и проверка секционных и линейных разъединителей на напряжение 110 кВ.....	73
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е Выбор и проверка линейных разъединителей на напряжение 6 кВ.....	76
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Выбор и проверка трансформаторов тока на напряжение 6 кВ и 110 кВ.....	77
	ПРИЛОЖЕНИЕ И Выбор и проверка трансформаторов напряжения 6 и 110 кВ.....	81
	ПРИЛОЖЕНИЕ К Выбор и проверка шинной сборки 6 кВ.....	83
	ПРИЛОЖЕНИЕ Л Проверка кабельной линии на термическую стойкость.....	86

ПРИЛОЖЕНИЕ М Дифференциальная защита трансформаторов Т1, Т3 в электромеханическом исполнении.....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Определение типов электроприемников и разделение их на группы.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ П Выбор типа светильников и расчет осветительной нагрузки.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Р Критериями при выборе трансформаторов являются надежность.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ С Определение центра электрических нагрузок механического цеха.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Т Выбор сечения кабелей, питающих распределительные пункты.....	107
ПРИЛОЖЕНИЕ У Определение расчетных нагрузок I и II секций шин РЩ 0,4 кВ.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф Расчет отклонений напряжения в максимальных и послеаварийных режимах.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Х Расчёт токов короткого замыкания линии 0,4 кВ...	126
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц Выбор и проверка защитной аппаратуры для схемы электроснабжения цеха.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш Расчет заземляющих устройств и молниезащиты цеха.....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ Схема заземления цеха по штамповке металлоизделий.....	161
ПРИЛОЖЕНИЕ Э Схема электроснабжения цеха по штамповке металлоизделий.....	162
ПРИЛОЖЕНИЕ Ю Схема релейной и дифференциальной защиты трансформаторов.....	163
ПРИЛОЖЕНИЕ Я Схема электроснабжения предприятия.....	164

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Рационально выполненная современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований. Актуальность решаемой задачи очень велика, поскольку введение новых конструктивных решений позволят сократить потери в элементах сети, улучшить качество электроэнергии, облегчить, а также обеспечить более безопасную работу для оперативного персонала и свести к минимуму возможность ошибочных действий с его стороны. При этом должны по возможности применяться решения, требующие минимальных расходов ресурсов, не теряя при этом качества, надежности и безопасности всей цеховой структуры.

**Целью выпускного квалификационной работы** является разумно и правильно сочетать требования экономичности системы электроснабжения с надежностью, безопасностью и удобствами эксплуатации, должны обеспечивать надлежащее качество электроэнергии, уровни напряжения, стабильность частоты и т. п. Должны также предусматриваться кратчайшие сроки выполнения строительного-монтажных работ и необходимая гибкость системы, обеспечивающая возможность расширения при развитии предприятия без существенного усложнения и удорожания первоначального варианта.

К наиболее важным задачам, которые должны быть решены в проекте, относятся:

- определение расчетной нагрузки механического цеха по штамповке металлоизделий;
- выбор числа и мощности цеховых трансформаторов и мест их установки;
- выбор схемы электроснабжения цеха и трансформаторов ГПП;
- расчет токов короткого замыкания со стороны 110, 6, 0,4 кВ;
- выбор и расчёт схемы распределительных и питающих сетей цеха;
- выбор коммутационной аппаратуры с высокой и низкой сторон питающей сети;

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7





**Объем выпускного квалификационной работы** составляет 164 страницы машинописного текста и содержит 2 иллюстрации, 30 таблиц, библиографический список из 46 наименований и 25 приложений.

					<b>130302.2017.501 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

# 1 АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА

## 1.1 Обзор литературы и работ, связанных с проектированием систем электроснабжения промышленных предприятий

Задачами проектирования и эксплуатации современных систем электроснабжения промышленных предприятий являются разработка и технико-экономическое обоснование решений, определяющих формирование и развитие сетей электроснабжения предприятия и средств их эксплуатации, при которых обеспечивается энергетическая безопасность и оптимальная надежность снабжения потребителей электроэнергией в необходимых количествах и требуемого качества с наименьшими затратами. Все эти вопросы должны быть рассмотрены и проработаны в соответствии с требованиями ПУЭ и ПТЭЭП.

Нарушение электроснабжения предприятий связано со значительным ущербом. Поэтому выбор конфигурации и параметров систем электроснабжения, их эксплуатационных режимов должен выполняться с учетом показателей надежности. Общие требования к надежности электроснабжения потребителей приведены в ПУЭ. В частности, схемы подстанций разрабатываются в тесной связи с общей схемой электроснабжения предприятия и обязательно должны учитывать перспективы развития предприятия.

При разработке схем коммутации стремятся к максимальному их упрощению и к применению минимума коммутационных аппаратов. Такие схемы не только дешевле, но и надежнее, что подтверждает практика эксплуатации. Упрощению схем способствует применение автоматики (АВР, АПВ), позволяющей быстро и безошибочно осуществлять резервирование отдельных элементов и тем самым повышать их надежность.

Схемы трансформаторных подстанций промышленных предприятий всех напряжений строятся на следующих основных положениях:

- преимущественное применение одной системы шин и резкое ограничение применение двух систем шин;
- широкое применение «блочных схем»;

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- широкое применение автоматизации и телемеханизации на всех напряжениях.

Если даже при сооружении подстанций не предусматривается ее автоматизация или телемеханизация, то схема коммутации все же должна строиться таким образом, чтобы в дальнейшем эти мероприятия возможно было осуществить без значительных затрат и переделок.

Как правило, предусматривается отдельная работа линий и отдельная работа трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов применяется очень редко, например, при наличии мощных электроприемников, при работе которых получаются большие и частые толчки активной и реактивной нагрузок.

При решении задач оптимизации промышленного электроснабжения возникает необходимость сравнения большого количества вариантов. Многовариантность задач промышленной энергетики обуславливает проведение технико-экономических расчетов, целью которых является определение оптимального варианта схемы, параметров электросети и ее элементов. Важность этого положения объясняется тем, что более одной трети всех суммарных капиталовложений в стране расходуют на добычу, переработку, транспортировку и хранение энергетических ресурсов, и генерирование, передачу, распределение и потребление всех видов энергии в народном хозяйстве.

Технико-экономические расчеты выполняют для набора:

- рациональной с точки зрения технико-экономических показателей схемы электроснабжения цехов и предприятия в целом;
- технически и экономически обоснованного числа, мощности и режима работы трансформаторов главной понизительной и цеховых подстанций;
- рациональных напряжений в схеме, определяющих размеры капиталовложений, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные расходы;
- сечений проводов, шин и жил кабелей в зависимости от ряда технических и экономических факторов;

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

- экономически целесообразных средств компенсации реактивной мощности и мест размещения компенсирующих устройств.

В настоящее время основным документом, в котором обобщены и методически оформлены руководящие указания по экономическим расчетам в области промышленной энергетики, является «Методика технико-экономических расчетов в энергетике» [7]. В соответствии с этими материалами основным критерием, позволяющим рекомендовать данное техническое решение, является его экономическая эффективность.

В соответствии с [7] оптимальным из сравниваемых вариантов считают вариант, обеспечивающий минимум приведенных затрат.

При выполнении технико-экономических расчетов систем промышленного электроснабжения должны соблюдаться определенные условия сопоставимости вариантов:

- технические, при которых сравнивают только взаимозаменяемые варианты при оптимальных режимах работы и оптимальных параметрах, характеризующих каждый рассматриваемый вариант;

- экономические, при которых расчет сравниваемых вариантов ведут применительно к одинаковому уровню цен и одинаковой достижимости принятых уровней развития техники с учетом одних и тех же экономических показателей, характеризующих каждый рассматриваемый вариант.

После приведения к сопоставимому виду для каждого варианта определяют капитальные вложения, эксплуатационные расходы и суммарные приведенные затраты. Следует иметь в виду, что при сравнении вариантов данные для технико-экономических расчетов следует брать из одного или одинаковых справочных материалов [7, 9].

Одной из важных задач на сегодняшний день является рассмотрение режимов экономии электроэнергии в сетях и промышленных установках.

Одним из направлений экономии электроэнергии в промышленных установках является снижение потерь электроэнергии в элементах системы

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ					



пользования электрической и тепловой энергией определена ответственность энергосистемы за недоотпуск электроэнергии и за отпуск некачественной электроэнергии на границе балансовой принадлежности электрических сетей энергосистемы и потребителя [5].

## 1.2 Характеристика предприятия и источников питания

Предприятие расположено в промышленно развитом районе. Цех по штамповке металлоизделий получает питание от районной электростанции, предназначенной для комплексного получения тепловой и электрической энергии. На предприятии использованы потребители электроэнергии преимущественно 1 и 2 категории, значит, предприятие можно отнести ко 2 категории по бесперебойности электроснабжения – примем к установке двухтрансформаторные цеховые подстанции.

Электроснабжение цеха осуществляется от встроенных понижающих подстанций. Схема электроснабжения завода позволяет продолжать питание электроприёмников энергией даже в аварийной ситуации. Технологический процесс производства не является непрерывным и кратковременное отсутствие электроэнергии не приносит большого ущерба.

Следует отметить, что лишь небольшая часть электрической энергии потребляется однофазными электроприемниками и электроприемниками со специфическим характером нагрузки, основная же нагрузка – трехфазная длительная, следовательно, нет необходимости решать вопросы по ограничению колебаний напряжений, уменьшения содержания высших гармоник, ограничения несимметрии напряжения.

					<i>130302.2017.501 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

## 2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

На сегодняшний день в области энергетики мы можем наблюдать качественное развитие технологий и методических решений направленных на улучшение качества электроснабжения потребителей. Многие технические решения и методы заимствуются у зарубежных стран, так как на сегодняшний день во многих странах Северной Америки и Западной Европы электроэнергетика развита значительно лучше.

К примеру, во многих странах с развитой энергетикой отсутствует оперативный персонал. Это связано с тем, что глубоко внедрена автоматизация процессов. Все оперативные переключения производятся автоматически, без участия человека. Защиты линий и оборудования выполняются на цифровых устройствах, имеющих связь с центральным (головным) звеном. Данная тенденция наблюдается и в отечественной энергетике, внедряется новое оборудование, выполненное по международным стандартам и не чем не уступающее зарубежным аналогам. Для примера такого оборудования можно привести вакуумный выключатель ВБЭ-10-20/630-УЗ, производства НПП «Контакт», г. Саратов. Это выключатель предназначенный для оперативных переключений в линиях 6–10 кВ и имеет широкий спектр возможностей. Это аппаратура только начинает внедряться, но уже очень хорошо себя зарекомендовала и можно прогнозировать ее дальнейшее распространение на рынке. В Соединенных штатах аналогичная аппаратура вводится уже давно и за это время стала неотъемлемой частью энергосистемы. Что позволило им в свою очередь отказаться от оперативного персонала, в пользу автоматизации процессов устранения человека от оперативных переключений.

Сравнивая пути развития отечественной и зарубежной электроэнергетики, можно с уверенностью сказать, что данный вид аппаратуры будет и дальше внедряться.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ					

Широкое применение техники и информационных технологий, явилось важнейшим фактором увеличения конкурентоспособности Российской экономики. Технологический процесс повысил структуру и масштабы производства в индустриально развитых государствах. Сегодня ими исполняется планомерный переход от стадии развития индустриального к постиндустриальному, а также к информационной стадии. Все процессы оживленно стимулируются и регулируются правительствами, чья роль не ограничивается только лишь стандартными поддержками фундаментальной науки и различных целевых исследований, а так же применяет меры по развитию особенно приоритетных промышленных отраслей.

					<i>130302.2017.501 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16





Ближайшим стандартным напряжением является 110кВ. Выбираем его, как основное для высокой стороны нашей сети.

### 3.3 Выбор трансформаторов Т1, Т2

Определение полной номинальной мощности трансформатора:

$$S_{TRрасч} = \frac{S_{ПОТР}}{\beta \cdot N}, \quad (2)$$

где  $S_{TRрасч}$  – расчетная мощность трансформатора;

$N$  – число трансформаторов;

$\beta$  – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме, для повышения экономичности работы, рекомендуется принимать с учётом полной нагрузочной способности  $\beta = 0,7$  [3].

$$S_{TRрасч} = \frac{24}{0,7 \cdot 2} = 17,14 \text{ МВА}$$

Из стандартного ряда номинальных мощностей трансформаторов выбираются трансформаторы:  $S_{ном1} = 16$  МВА,  $S_{ном2} = 25$  МВА.

Помимо нормального режима, необходимо рассмотреть послеаварийный режим работы трансформатора, чтобы проверить его нагрузочную способность.

В качестве послеаварийного режима рассматривается режим отключение одного трансформатора:

$$S_{авар} = S_{ПОТР}. \quad (3)$$

$$S_{авар} = S_{ПОТР} = 24 \text{ МВА}$$

Аварийная загрузка трансформатора при отключении одного из них определяется:

$$\beta_{авар} = \frac{S_{авар}}{S_{ном}}, \quad (4)$$

где  $S_{ном}$  – номинальная полная мощность трансформатора.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

Определяем коэффициент загрузки трансформаторов, где  $\beta_{авар1}$  – коэффициент загрузки трансформатора 16 МВА, а  $\beta_{авар2}$  – коэффициент загрузки трансформатора 25 МВА:

$$\beta_{авар} = \frac{S_{авар}}{S_{ном}}, \quad (4)$$

где  $S_{ном}$  – номинальная полная мощность трансформатора.

$$\beta_{авар1} = \frac{24}{16} = 1,5;$$

$$\beta_{авар2} = \frac{24}{25} = 0,96.$$

Коэффициент загрузки в аварийном режиме по техническим условиям допустим только для трансформатора 25000 кВА.

Выбирается для трансформаторов Т1, Т2: ТД-25000/110.

Паспортные данные на трансформаторы Т1, Т2 взяты из литературы [2].

Таблица 1 – Паспортные данные трансформатора

Тип	$S_{ном}$ , МВА	$U_{Вномі}$ , кВ	$u_k$ , %	$\Delta P_k$ , кВт	$\Delta P_0$ , кВт	$I_x$ , %
ТД-25000/110	25	115	10,5	120	25	0,75

### 3.4 Выбор воздушных линий и опор

#### 3.4.1 Определяются параметры по линии $W_1$

Принимается  $S_{pT1} = 25$  МВА.

Рабочий ток, протекающий по линии в часы максимума энергосистемы, определяется по формуле:

$$I_{pi} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.} \cdot n}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество цепей.

Для линий  $W_1$ :

$$I_{pW1} = \frac{25 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115000} = 125,51 \text{ А}$$

Экономически целесообразное сечение определяется из выражения:

$$F_{эi} = \frac{I_{pi}}{j_э}, \quad (6)$$

где  $j_э$  – нормированная экономическая плотность тока. Экономическая плотность тока при числе использования максимума нагрузки в год условно заданно  $T_{нб} = 5000$  часов составляет  $j_э = 1,0 \text{ А/мм}^2$  [4].

Для воздушных линий рекомендовано применение сталеалюминевых проводов. Так как толщина стенки гололеда для электрифицируемого района (условно задаемся – Средний Урал) составляет 15 мм, то рекомендованное по [4] соотношение для сталеалюминевых проводов: А/С = 6,00 – 6,25 – при сечениях до  $185 \text{ мм}^2$ ; А/С = 7,71 и более при сечениях  $240 \text{ мм}^2$  и более.

При выборе сечений проводов в районных электрических сетях напряжением 110кВ необходимо учитывать ряд ограничений:

а) по условию отсутствия «короны»:

$$F_э \geq F_{\min \kappa} \quad (7)$$

Минимальное сечение проводов ВЛ 110кВ по условию «короны» –  $F_{\min \kappa} = 70 \text{ мм}^2$  [4];

б) по условиям нагрева

$$I_{дон} \geq I_{\max}, \quad (8)$$

где  $I_{дон}$  – максимально допустимый ток по условию теплового нагрева;

$I_{\max}$  – наибольшее расчётное значение тока в проводнике.

Экономически целесообразное сечение для линии  $W_1$  будет равно:

$$F_{эW1} = \frac{125,51}{1} = 125,51 \text{ мм}^2$$

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного значения. Для линии  $W_1$  выбирается провод АС-120/27 [2].

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20



и каких-либо коммуникаций, где каждая 10 опора – железобетонная анкерно-угловая.

Общее количество опор определяется:

$$N = \frac{L}{l_{np}}, \quad (11)$$

где  $L$  – длина линии, км;

$l_{np}$  – длина пролета, км.

$$N = \frac{85}{0,3} = 283 \text{ шт} – \text{общее количество опор};$$

$$N = \frac{85}{3} = 28,3 \text{ шт} \approx 29 \text{ шт} – \text{железобетонные анкерно-угловые опоры};$$

$$N = 283 - 29 = 254 \text{ шт} – \text{железобетонные промежуточные опоры}.$$

Из [9] выбираем по марке прокладываемого кабеля и климатических условий. Для линий 110 кВ была выбрана марка кабеля АС-120/27. Данные заносим в таблицу:

Таблица 3 – Железобетонные опоры ВЛ 110 кВ

Опоры	Район по гололёду	Марка провода	Допустимый пролёт, м
Промежуточные			
ПБ 110-11	I-II	АС-120/27	330-255
Анкерно-угловые			
УБ-110-11	I-IV	АС-120/27	-

3.5 Технико-экономический расчет капиталовложений в подстанцию 6/0,4 кВ

3.5.1 Выбор трансформаторов ТЗ, Т4, кабельной линии, коммутационной аппаратуры расчет капиталовложения в подстанцию, расчет потерь электрической энергии в трансформаторах и ее стоимости

Технико-экономический расчет капиталовложений в подстанцию и расчет потерь электрической энергии в трансформаторах представлен в приложении С.

Исходя из заданной номинальной мощности 630 кВА для трансформаторов ТЗ, Т4 выбираются трансформаторы типа ТМФ-630.

Из сравнения экономических показателей видно, что вариант 2 (приложение С) является наиболее дорогим, поэтому для проектирования сети выбирается номинальное напряжение  $U_{ном} = 6$  кВ, с соответствующим электрическим оборудованием: кабельной линии АСБ 6 кВ 3х50, трансформаторами 6 кВ – ТМФ 630/6.

### 3.5.2 Выбор кабельных линий по стороне 6 кВ

Расчет для кабельных линий ведется аналогично расчетам для воздушных линий. На стороне 6 кВ принимается кабельная линия.

Экономически плотность тока для кабельной линии с алюминиевыми жилами при числе использования максимума нагрузки в год условно заданно  $T_{ноб} = 5500$  часов составляет  $j_s = 1,4$  А/мм<sup>2</sup> [4].

Условно принимаем  $S_{pГЗ} = 630$  кВА.

Для линий  $W_2$ :

$$I_{pW2} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6300} = 57,81 \text{ А}$$

Экономически целесообразное сечение определяется из выражения:

$$F_{эW2} = \frac{57,81}{1,4} = 41,29 \text{ мм}^2$$

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного значения.

Для линии  $W_2$  выбирается кабель АСБ 6 кВ 3х50 мм<sup>2</sup>.

Кабель рассматривается по длительно допустимому току.

По таблице 2 [5]  $I_{дон} = 155$  А.

Для линии  $W_2$ :

$$I_{max i} = 1,4 \cdot 57,81 = 80,94 \text{ А} < I_{дон} = 155 \text{ А}$$

По нагреву кабель проходит.

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Определение параметров схемы замещения линий:

Параметры удельных сопротивлений линий находятся из таблицы П.2 [6] и сводятся в таблицу 4.

Таблица 4 – Параметры удельных сопротивлений линий

Линия	$S_{pi}$ , кВА	$R_{0i}$ , Ом/км	$X_{0i}$ , Ом/км	$L_i$ , км	$R_{wi}$ , Ом	$X_{wi}$ , Ом
$W_2$	630	0,641	0,083	2,2	1,41	0,182

$$R_{W_2} = 0,641 \cdot 2,2 = 1,41 \text{ Ом}$$

$$X_{W_2} = 0,083 \cdot 2,2 = 0,182 \text{ Ом}$$

### 3.6.1 Расчет токов короткого замыкания линий

Расчет токов короткого замыкания производится в относительных единицах с использованием приближенного приведения

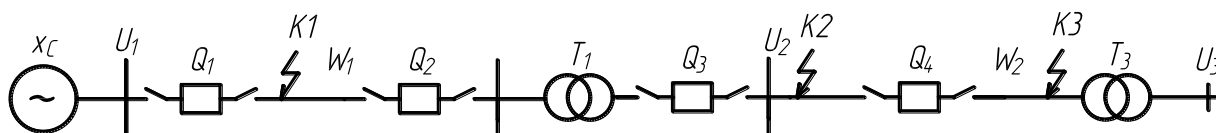


Рисунок 2 – Схема для расчетов токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания в относительных единицах приведён в приложении А.

Расчеты токов короткого замыкания для точек К1–К3 приведены в сводной таблице 6.

Таблица 6 – Расчётные данные по токам короткого замыкания в точках К3

Расчетные точки	К1	К2	К3
Приведение	Ток, приведенный к ступени 115 кВ	Ток, приведенный к ступени 6,3 кВ	Ток, приведенный к ступени 6,3 кВ
$I_{n0,ki}$ , кА	2,52	10,31	0,69

### 3.7 Выбор высоковольтных выключателей

#### 3.7.1 Выбор выключателей В4 на напряжение 6кВ

Выбор и проверка выключателей В4 на напряжение 6 кВ произведены в приложении Б.

Результаты проверки приведены в таблицах 7 и 8.



Таблица 7 – Параметры выключателя ВБЭ-10-20/630-У3

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётные параметры
1. Номинальное напряжение	10000 В	$U_{номВ} \geq U_{уст}$	6000 В
2. Номинальный ток	630 А	$I_{номВ} \geq I_{р max}$	57,8 А

Таблица 8 – Проверка вакуумного выключателя ВБЭ-10-20/630-У3

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётные параметры
1. Номинальный ток отключения	20кА	$I_{отк.ном} \geq I_{но,к2}$	10,31 кА
2. Номинальное содержание апериодической составляющей	$\beta = 30 \%$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк.ном} \cdot \beta$ $8,64 \text{ кА} \geq i_{ат}$	0,821 кА
3. Ток динамической стойкости	51кА	$I_{дин.ст} \geq i_{уд}$	23,86 кА
4. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 20 \text{ кА}$ $t_T = 3 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 1200 \geq B_{\kappa}$	6,38 кА <sup>2</sup> ·с

### 3.7.2 Выбор выключателей В3, В5 на напряжение 6кВ

Выбор и проверка выключателей В3, В5 произведены в приложении В.

Результаты проверки приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 – Параметры выключателя VAN 12-63-8000-27

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	10000В	$U_{номВ} \geq U_{уст}$	6000 В
2. Номинальный ток	8000А	$I_{номВ} \geq I_{р max}$	3211,3 А

Таблица 10 – Параметры выключателя VAN 12-63-8000-27

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальный ток отключения	63кА	$I_{отк.ном} \geq I_{но,к2}$	10,31 кА
2. Номинальное содержание апериодической составляющей	$\beta = 30 \%$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк.ном} \cdot \beta$ $18,9 \text{ кА} \geq i_{ат}$	0,821 кА
3. Ток динамической стойкости	160кА	$I_{дин.ст} \geq i_{уд}$	43,936 кА
4. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 63 \text{ кА}$ $t_T = 3 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 11907 \geq B_{\kappa}$	58,46 кА <sup>2</sup> ·с

### 3.7.3 Выбор выключателей В2, В6 на напряжение 110 кВ

Выбор и проверка выключателей В2, В6 на напряжение 110 кВ произведены в приложении Г.

Результаты проверки приведены в таблицах 11 и 12.

Таблица 11 – Параметры выключателя ВПО-110Ш-31,5/2000УХЛ1

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	110000В	$U_{номВ} \geq U_{уст}$	110000В
2. Номинальный ток	2000А	$I_{номВ} \geq I_{р max}$	251,31 А

Таблица 12 – Параметры выключателя ВПО-110Ш-31,5/2000УХЛ1

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальный ток отключения	31,5кА	$I_{отк.ном} \geq I_{но,к1}$	2,52 кА
2. Номинальное содержание апериодической составляющей	$\beta = 23 \%$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк.ном} \cdot \beta$ $7,245 \text{ кА} \geq i_{ат}$	0,298 кА
3. Ток динамической стойкости	102 кА	$I_{дин.ст} \geq i_{уд}$	5,44 кА
4. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 40 \text{ кА}$ $t_T = 3 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 4800 \geq B_k$	6,731 кА <sup>2</sup> ·с

### 3.7.4 Выбор выключателей В1 на напряжение 110 кВ

Выбор и проверка выключателей В1 на напряжение 110 кВ произведены в приложении Д.

Результаты проверки приведены в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Параметры выключателя ВПО-110Ш-31,5/2000УХЛ1

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	110000В	$U_{номВ} \geq U_{уст}$	110000В
2. Номинальный ток	2000А	$I_{номВ} \geq I_{р max}$	251,31 А

Таблица 14 – Параметры выключателя ВПО-110Ш-31,5/2000УХЛ1

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальный ток отключения	31,5кА	$I_{отк.ном} \geq I_{но,к1}$	2,52 кА

Окончание таблицы 14

Параметр выключателя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
2. Номинальное содержание апериодической составляющей	$\beta = 23 \%$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк.ном} \cdot \beta$ $7,245 \text{ кА} \geq i_{ат}$	0,233 кА
3. Ток динамической стойкости	102 кА	$I_{дин.ст} \geq i_{уд}$	6,23 кА
4. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 40 \text{ кА}$ $t_T = 3 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 4800 \geq B_k$	9,91 кА <sup>2</sup> ·с

3.8 Выбор разъединителей на напряжение 110 кВ и 6 кВ

3.8.1 Выбор линейных разъединителей на напряжение 110 кВ

Выбор и проверка линейных разъединителей на напряжение 110 кВ произведены в приложении Е.

Результаты проверки приведены в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 – Параметры разъединителей РГНП-110/1000 УХЛ1

Параметр разъединителя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	110000В	$U_{номР} \geq U_{уст}$	110000В
2. Номинальный ток	1000А	$I_{номР} \geq I_{рmax}$	251,31 А

Таблица 16 – Параметры разъединителей РГНП-110/1000 УХЛ1

Параметр разъединителя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Ток динамической стойкости	80 кА	$I_{дин.ст} \geq i_{уд}$	6,23 кА
2. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 31,5 \text{ кА}$ $t_T = 3 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 2976,75 \geq B_k$	6,73 кА <sup>2</sup> ·с

3.8.2 Выбор секционных разъединителей на напряжение 110кВ

Выбор и проверка секционных разъединителей на напряжение 110 кВ произведены в приложении Е.

Результаты проверки приведены в таблицах 17 и 18.

Таблица 17 – Параметры разъединителей РГНП-110/1000 УХЛ1

Параметр разъединителя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	110000В	$U_{номР} \geq U_{уст}$	110000В
2. Номинальный ток	1000А	$I_{номР} \geq I_{рmax}$	251,31А

Таблица 18 – Параметры разъединителей РГНП-110/1000 УХЛ1

Параметр разъединителя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Ток динамической стойкости	80 кА	$I_{динст} \geq i_{уд}$	6,23 кА
2. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 31,5$ кА $t_T = 3$ с	$I_T^2 \cdot t_T = 2976,75 \geq B_k$	9,91 кА <sup>2</sup> ·с

### 3.8.3 Выбор линейных разъединителей на напряжение 6 кВ

Выбор и проверка линейных разъединителей на напряжение 6 кВ произведены в приложении Ж.

Результаты проверки приведены в таблицах 19 и 20.

Таблица 19 – Параметры разъединителей РЛНД–1-10/630-УХЛ1

Параметр разъединителя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	10000 В	$U_{номР} \geq U_{уст}$	6000 В
2. Номинальный ток	630 А	$I_{номР} \geq I_{рmax}$	115,61 А

Таблица 20 – Параметры разъединителей РЛНД–1-10/630-УХЛ1

Параметр разъединителя	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Ток динамической стойкости	51 кА	$I_{динст} \geq i_{уд}$	9,57 кА
2. Ток термической стойкости и время его действия	$I_T = 25$ кА $t_T = 3$ с	$I_T^2 \cdot t_T = 1875 \geq B_k$	0,944 кА <sup>2</sup> ·с

### 3.9 Выбор и проверка трансформаторов тока

#### 3.9.1 Выбор и проверка трансформатора тока 110 кВ

Выбор и проверка трансформаторов тока 110 кВ произведены в приложении И.

Результаты проверки приведены в таблицах 21 и 22.

Таблица 21 – Параметры трансформатора тока ТГФМ-110-УХЛ1

Параметр трансформатора тока	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	110000В	$U_{номТТ} \geq U_{ном}$	110000В
2. Номинальный ток	250А	$I_{номТТ} \geq I_{рmax}$	125,65 А

Таблица 22 – Параметры проверки трансформатора тока ТГФМ-110-УХЛ1

Параметр трансформатора тока	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
Вторичная нагрузка	4 Ом	$r_2 \leq r_{2ном}$	1,12 Ом

### 3.9.2 Выбор и проверка трансформатора тока 6кВ

Выбор и проверка трансформаторов тока 6 кВ произведены в приложении К.

Результаты проверки приведены в таблицах 24 и 25.

Таблица 24 – Параметры трансформатора тока ТВЛМ-6

Параметр трансформатора тока	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	6000В	$U_{номт} \geq U_{ном}$	6000В
2. Номинальный ток	250А	$I_{номт} \geq I_{рmax}$	80,93 А

Таблица 25 – Параметры проверки трансформатора тока ТВЛМ-6

Параметр трансформатора тока	Расчётный параметр	Условия выбора	Паспортные параметры
Вторичная нагрузка	0,51	$r_2 \leq r_{2ном}$	0,6

### 3.10 Выбор и проверка трансформаторов напряжения

#### 3.10.1 Выбор и проверка трансформатора напряжения 110 кВ

Выбор и проверка трансформаторов напряжения 110 кВ произведены в приложении Л.

Результаты проверки приведены в таблицах 26 и 27.

Таблица 26 – Параметры трансформатора напряжения НАМИ-110

Параметр трансформатора напряжения	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	110 кВ	$U_{номт} \geq U_{ном}$	110 кВ
2. Класс точности	0,5		
3. Вторичная нагрузка	400 ВА	$S_{ном} \geq S_{2\Sigma}$	15,7

Таблица 27 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

Наименование прибора	Тип прибора	Потребляемая мощность, ВА	
		P, Вт	Q, ВАр
Вольтметр	М-381-1	2	-
Счетчик активной энергии	И-680	4	9,7
Итого		6	9,7

### 3.10.2 Выбор и проверка трансформаторов напряжения 6 кВ

Выбор и проверка трансформаторов напряжения 6 кВ произведены в приложении М.

Результаты проверки приведены в таблицах 29 и 30.

Таблица 29 – Параметры трансформатора напряжения 3хЗНОЛ-6

Параметр трансформатора напряжения	Паспортные параметры	Условия выбора	Расчётный параметр
1. Номинальное напряжение	6 кВ	$U_{номт} \geq U_{ном}$	6 кВ
2. Класс точности		0,5	
3. Вторичная нагрузка	50 ВА	$S_{ном} \geq S_{2\Sigma}$	15,7

Таблица 30 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

Наименование прибора	Тип прибора	Потребляемая мощность, ВА	
		P, Вт	Q, ВАр
Вольтметр	М-381-1	2	-
Счетчик активной энергии	И-680	4	9,7
Итого		6	9,7

### 3.11 Выбор и проверка шинной сборки напряжением 6 кВ

Выбор и проверка шинной сборки 6 кВ произведены в приложении Н.

Результаты проверки приведены ниже:

$$\sigma_{п} = \frac{243,36 \cdot 7,7^2}{12 \cdot 14,7} = 81,796 \text{ МПа}$$

Шины механически прочны, если:

$$\sigma_{расч} = \sigma_{ф,мах} + \sigma_{п} < \sigma_{дон},$$

где  $\sigma_{дон}$  – допустимое напряжение.

$$\sigma_{расч} = \sigma_{ф,мах} + \sigma_{п} = 0,481 + 81,796 = 82,277 \text{ МПа} < \sigma_{дон} = 82,3 \text{ МПа}$$

### 3.12 Проверка кабельной линии на термическую стойкость

Выбор и проверка кабельной линии 6 кВ на термическую стойкость произведены в приложении П.

Результаты проверки приведены в ниже.

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$F_{min} = \frac{\sqrt{164,75 \cdot 10^3}}{92} = 44,12 \text{ мм}^2, \text{ что меньше выбранного кабель АСБ 6кВ с}$$

сечением  $3 \times 50 \text{ мм}^2$ , следовательно кабель по термической стойкости проходит.

### 3.13 Дифференциальная защита трансформаторов Т1, Т3

3.13.1 Дифференциальная защита трансформаторов Т1,Т3 на электромеханических реле

Измерительная часть дифференциальной защиты трансформаторов 6 и 110 кВ состоит из двух реле.

Для осуществления защиты используются трансформаторы тока, установленные с обеих сторон защищаемого трансформатора. Вторичные обмотки трансформаторов тока и реле соединяются в схему продольной дифференциальной защиты.

Расчет дифференциальной защиты произведён в приложении Р.

### 3.14 Определение электрических нагрузок механического цеха

#### 3.14.1 Разделение электроприемников на группы

Для удобства выполнения расчетов все электроприёмники механического цеха группируются по характерным категориям, в зависимости от одинакового характера работы, коэффициентов использования и коэффициентов реактивной мощности.

Исходные данные и расчетные коэффициенты электрических нагрузок отдельных электроприемников, взятых из [2, табл.1.1.1] и сведены в таблицы Т1 – Т6 (приложение Т).

### 3.15 Определение расчетной нагрузки механического цеха от силовых электроприёмников

После деления электроприёмников на группы, производится расчёт групповой номинальной и сменной мощности по цеху. Определяется эффективное число электроприёмников. После определения коэффициента расчётной мощности определяются расчётные активная, реактивная и полная мощности.

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

130302.2017.501 ПЗ

Групповая номинальная мощность трёхфазных электроприёмников механического цеха:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номгpi},$$

где  $P_{номi}$  – номинальная активная мощность по группам электроприемников, кВт.

$$P_{ном.мех.цеха} = 189 + 96 + 144 + 780 + 80 + 22 = 1311 \text{ кВт}$$

Групповая средняя мощность трёхфазных электроприёмников механического цеха:

$$P_{см} = \sum_{i=1}^n P_{номгpi} \cdot K_{игpi},$$

где  $K_{ui}$  – групповой коэффициент использования по группам электроприемников.

$$P_{см.мех.цеха} = 189 \cdot 0,17 + 96 \cdot 0,2 + 144 \cdot 0,65 + 780 \cdot 0,8 + 80 \cdot 0,5 + 22 \cdot 0,35 = 816,63 \text{ кВт}$$

Групповой коэффициент использования электроприемников механического цеха:

$$K_u = \frac{P_{см}}{P_{ном}}$$

$$K_{u,мех.цеха} = \frac{816,63}{1311} = 0,62$$

При значительном числе электроприемников эффективное число электроприемников трехфазных нагрузок можно определить, исходя из условия:

$$m = \frac{P_{номmax}}{P_{номmin}} > 3, \text{ тогда}$$
$$n_{эф} = \frac{2 \cdot P_{ном}}{P_{номmax}},$$

Где  $P_{номmax}, P_{номmin}$  – номинальная мощность наибольшего и наименьшего по мощности электроприемника;

$m$  – фактическое число электроприемников в цехе.

Наибольшая номинальная мощность у электрической печи № 36:

$$P_{номmax} = 70 \text{ кВт}$$

Наименьшая номинальная мощность у шлифовально-обдирочного станка № 18:

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				



$$P_{ном\min} = 4 \text{ кВт}$$

Фактическое число электроприемников в цехе:

$$m = \frac{70}{4} = 17,5 > 3$$

Эффективное число электроприемников трехфазных нагрузок:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 1311}{70} = 37,45$$

Принимается равным ближайшему меньшему целому числу  $n_{эф \text{ мех.цеха}} = 37$ .

Групповой коэффициент расчетной мощности:  $K_p = f(K_u, n_{эф})$

по [3, табл.Б.1] принимается  $K_{р\text{мех.цеха}} = 0,85$ .

Средневзвешенное значение группового коэффициента реактивной мощности  $tg \varphi$ :

$$tg \varphi = \frac{\sum_{i=1}^m k_{ui} \cdot P_{номi} \cdot tg \varphi_i}{\sum_{i=1}^n k_{ui} \cdot P_{номi}}$$

$$tg \varphi_{\text{мех.цеха}} = \frac{189 \cdot 0,17 \cdot 1,17 + 96 \cdot 0,2 \cdot 1,17 + 144 \cdot 0,65 \cdot 0,75 + 780 \cdot 0,8 \cdot 0,33 + 80 \cdot 0,5 \cdot 0,88 + 22 \cdot 0,35 \cdot 1,73}{189 \cdot 0,17 + 96 \cdot 0,2 + 144 \cdot 0,65 + 780 \cdot 0,8 + 80 \cdot 0,5 + 22 \cdot 0,35} = 0,45$$

Расчетная мощность трёхфазных электроприёмников механического цеха:

$$P_p = K_p \cdot P_{см}$$

$$Q_p = P_p \cdot tg \varphi$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$P_{р \text{ мех.цеха}} = 0,85 \cdot 764,63 = 694,14 \text{ кВт}$$

$$Q_{р \text{ мех.цеха}} = 0,45 \cdot 694,14 = 312,36 \text{ кВар}$$

$$S_{р \text{ мех.цеха}} = \sqrt{694,14^2 + 312,36^2} = 745,8 \text{ кВа}$$

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

Помимо расчётной мощности силовых электроприёмников необходимо определить расчётную мощность осветительной нагрузки.

### 3.16 Определение осветительной нагрузки механического цеха

Достоинства светодиодных светильников по сравнению с аналогами, а также расчет осветительной нагрузки представлены в приложении В.

Выбираются светодиодные светильники Center 50 Вт, 5000 Лм.

Итоговые расчетные мощности с учётом рабочего и аварийного освещения:

$$P_{pT} = P_{p.mex.цеха} + P_{p.oc} = 694,14 + \frac{32,24}{3} = 704,89 \text{ кВт}$$

$$Q_{pT} = Q_{p.mex.цеха} + Q_{p.oc} = 312,36 + \frac{17,52}{3} = 318,2 \text{ кВАр}$$

$$S_{pT} = \sqrt{P_{pT}^2 + Q_{pT}^2} = \sqrt{704,89^2 + 318,2^2} = 773,38 \text{ кВА}$$

### 3.17 Выбор числа, мощности и типа трансформаторов цеховой подстанции

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов на подстанциях промышленных предприятий является одним из важных вопросов электроснабжения и построения рациональных сетей. В нормальных условиях трансформаторы должны обеспечивать питание всех потребителей предприятия при их номинальной нагрузке.

Критерии выбора трансформаторов, нахождение их мощности, а также возможность установки конденсаторных батарей представлены в приложении Г.

Выбирается силовой трансформатор ТМФ-630.

Нахождение мощности трансформаторов определяется:

$$S_I = \frac{S_{pT}}{\beta \cdot N},$$

где  $N$  – число трансформаторов на подстанции;

$\beta$  – коэффициент загрузки.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

ПУЭ разрешает использовать для питания электроприемников второй категории два источника. Принимается коэффициент загрузки трансформатора  $\beta = 0,7$  [7].

$$S_I = \frac{773,38}{0,7 \cdot 2} = 552,42 \text{ кВА}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана со стороны 6 кВ в сеть низкого напряжения трансформатором ТМФ-630:

$$Q_T = \sqrt{(\beta \cdot N \cdot S_{ном})^2 - P_{рТ}^2}$$

$$Q_{Тмех.цеха} = \sqrt{(0,7 \cdot 2 \cdot 630)^2 - 649,93^2} = 565,39 \text{ кВАр}$$

Мощность конденсаторных установок напряжением до 1000 В:

$$Q_{кН} = Q_p - Q_T$$

$$Q_{кН} = 309,98 - 565,39 = -255,41 \text{ кВАр}$$

Так как  $Q_{кН} < 0$ , то конденсаторные батареи не устанавливаются.

### 3.18 Определение центров электрических нагрузок

Центр электрических нагрузок (ЦЭН) является центром цехового потребления электроэнергии цехом.

Координаты центра расчетных нагрузок  $(x_0, y_0)$  определяются по следующим выражениям:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ном i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^m P_{ном i}}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ном i} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^m P_{ном i}},$$

где  $i = 1, 2 \dots n$  – количество электроприемников в цехе;

$x_i, y_i$  – координаты  $i$ - того электроприемника.

Центр электрических нагрузок механического цеха:

									Лист
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

$$x_0 = \frac{1520,4 + 3670,3 + 6121,92 + 5827,5 + 8043 + 2733}{189 + 118 + 144 + 450 + 190 + 70} = 24,16 \text{ м}$$

$$y_0 = \frac{5880 + 3604,7 + 3712,8 + 3186,6 + 796 + 1323}{189 + 118 + 144 + 450 + 190 + 70} = 13,41 \text{ м}$$

Координаты электроприемников расположенных в помещениях механического цеха и их номинальные мощности приведены в таблицах X.1–X.6 (приложение X).

### 3.19 Выбор сечения кабелей, питающих распределительные пункты

Потребители механического цеха сосредоточены, поэтому для питания всех приемников цеха будет использоваться двухступенчатая радиальная схема с применением распределительных пунктов типа ПР8503.

В таблице Т.1 (приложение Т) представляются типы распределительных пунктов, используемых для питания потребителей 1–50.

Средневзвешенное значение группового коэффициента реактивной мощности  $tg \varphi$  по РП-1:

$$tg \varphi_{РП-1} = \frac{\sum_{i=1}^m k_{ui} \cdot P_{номi} \cdot tg \varphi_i}{\sum_{i=1}^n k_{ui} \cdot P_{номi}} = \frac{0,8 \cdot 220 \cdot 0,33}{0,8 \cdot 220} = 0,33$$

Расчетная активная мощность определяется:

$$P_{pРП-1} = K_{pРП-1} \cdot P_{смРП-1} = 1 \cdot 176 = 176 \text{ кВт}$$

Расчетная реактивная мощность в общем случае рассчитывается по одной из следующих формул:

$$Q_{pi} = 1,1 \sum k_{ui} \cdot P_{номi} \cdot tg \varphi_i, \text{ при } n_{эф1} \leq 10$$

$$Q_{pi} = \sum k_{ui} \cdot P_{номi} \cdot tg \varphi_i, \text{ при } n_{эф1} > 10$$

Так как  $n_{эфРП-1} = 4$ , тогда расчетная реактивная мощность рассчитывается:

$$Q_{pРП-1} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 220 \cdot 0,33 = 63,88 \text{ кВАр.}$$

$$I_{pРП-1} = \frac{S_{pРП-1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{P_{pРП-1}^2 + Q_{pРП-1}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{176^2 + 63,88^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 270,6 \text{ А}$$

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ					

Таким же образом выполняются расчёты электрических нагрузок по РП 2–9, а также выбор их сечений кабелей. Они представлены в таблице Т.3 (приложение Т).

### 3.20 Определение расчетной нагрузки для I, II секций шин 0,4 кВ

Расчетная мощность по первой секции шин щита 0,4 кВ механического цеха с учетом осветительной нагрузки:

$$P_{p1cu} = P_{p1cu.mex.цеха} + \frac{P_{p.oc}}{3} = 327,21 + \frac{32,24}{3} = 343,33 \text{ кВт}$$

$$Q_{p1cu} = Q_{p1cu.mex.цеха} + \frac{Q_{p.oc}}{3} = 114,52 + \frac{17,52}{3} = 123,28 \text{ кВАр}$$

$$S_{p1cu} = \sqrt{343,33^2 + 123,28^2} = 364,8 \text{ кВА}$$

$$I_{p1cu} = \frac{364,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 527,16 \text{ А}$$

Подробный расчет и определение расчетных нагрузок I и II секций шин представлены в приложении У.

### 3.21 Расчет отклонений напряжения в максимальных и послеаварийных режимах

Отклонение напряжения – отличие фактического напряжения в установившемся режиме работы системы электроснабжения от его номинального значения. Отклонение напряжения в той или иной точке сети происходит под воздействием изменения нагрузки в соответствии с её графиком.

Для определения отклонений напряжения в режиме максимальных нагрузок составляется схема замещения сети, подключенной к трансформатору Т1 и сети, подключенной к трансформатору Т2 (соответственно рисунок Ф.1, Ф.2, приложение Ф).

Для электроснабжения двухтрансформаторной подстанции механического цеха прокладываются две кабельные линии марки АСБ-6 3х50:

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

$$R_{0i} = 1,24 \text{ мОм/м}, X_{0i} = 0,091 \text{ мОм/м}, L = 2000 \text{ м}.$$

$$\text{Тогда } R_{к1} = R_{0i} \cdot L_i = 1,24 \cdot 2000 = 2480 \text{ мОм},$$

$$X_{к1} = X_{0i} \cdot L_i = 0,091 \cdot 2000 = 182 \text{ мОм},$$

Параметры сопротивлений кабелей приведены в таблице Ф.1 (приложение Ф).

Определение отклонений напряжения в режиме максимальных нагрузок

Напряжение на шинах ГПП в режиме максимальных нагрузок принимается:

$$U_{ном} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 6 = 6,3 \text{ кВ}.$$

Определение отклонений напряжения в режиме максимальных нагрузок для трансформатора Т1.

Расчетная схема отклонений напряжения в режиме максимальных нагрузок для первого трансформатора механического цеха представлена на рисунке Ф.3 (приложение Ф).

Потери напряжения на участке 1–2:

$$\begin{aligned} \Delta U_{1-2} &= \frac{P_{пл.ш.} \cdot (R_{к1} + R_{м1}) + Q_{пл.ш.} \cdot (X_{к1} + X_{м1})}{U_{ном}} = \\ &= \frac{288,03 \cdot (2480 + 689) + 103,93 \cdot (182 + 33063,47)}{6000} = 208,34 \text{ В} \end{aligned}$$

Напряжение на стороне высшего напряжения трансформатора в точке 2:

$$U_{ВНmp} = U_1 - \Delta U_2 = 6300 - 208,34 = 6091,66 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации трансформатора:

$$k_{mp} = \frac{U_{ВНном}}{U_{ННном}} = \frac{6}{0,4} = 15$$

Напряжение в точке 3:

$$U_3 = \frac{6091,66}{15} = 406,11 \text{ В}$$

Расчет потери напряжения на участке 3–4:

$$\Delta U_3 = \frac{P_{pPII2} \cdot R_{к2} + Q_{pPII2} \cdot X_{к2}}{U_{ном}} = \frac{3,97 \cdot 208 + 2,53 \cdot 75,5}{400} = 2,54 \text{ В}$$

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ					

Расчет напряжения в точке 4:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_3 = 406,11 - 2,54 = 403,57 \text{ В}$$

Расчет потери напряжения на участке 4–5:

Для печи № 35:

$$P_{\text{ном}\#35} = 50 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{ном.дi}} = \frac{P_{\text{номi}} \cdot 10^3}{\eta_i \cdot \cos \varphi_i} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 0,9} = 58,48 \text{ кВА}$$

$$Q_{\text{ном}\#35} = \sqrt{S_{\text{ном}\#35}^2 - P_{\text{ном}\#35}^2} = \sqrt{58,48^2 - 50^2} = 30,33 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_4 = \frac{P_{\text{д}\#35} \cdot R_{\text{к3}} + Q_{\text{д}\#35} \cdot X_{\text{к3}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{50 \cdot 15,54 + 30,33 \cdot 1,91}{0,4} = 2,09 \text{ В}$$

Расчет напряжения в точке 5:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_4 = 403,57 - 2,09 = 401,48 \text{ В}$$

Отклонение напряжения на зажимах № 35:

$$\delta U_5 = \frac{401,48 - 400}{400} \cdot 100 = 0,37 \%$$

Результаты расчета отклонений напряжения в режиме максимальных нагрузок для электроприёмников первого трансформатора сведены в таблицу Ф.2 (приложение Ф).

Расчеты по отклонению напряжения в сети, получающего питание от второго трансформатора в режиме максимальных нагрузок ведутся аналогичным способом и сведены в таблицу Ф.3 (приложение Ф).

В качестве послеаварийного режима рассматривается режим, когда один из трансформаторов (Т2) отключён. Напряжение в послеаварийном режиме равно:  $U_{\text{ном}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}} = 1,05 \cdot 6 = 6,3 \text{ кВ}$ .

Потери напряжения на участке 1–2:

$$\begin{aligned} \Delta U_{1-2} &= \frac{P_{\text{рТ}} \cdot (R_{\text{к1}} + R_{\text{м1}}) + Q_{\text{рТ}} \cdot (X_{\text{к1}} + X_{\text{м1}})}{U_{\text{ном}}} = \\ &= \frac{552,17 \cdot (2480 + 689) + 241,09 \cdot (182 + 3063,47)}{6000} = 422,05 \text{ В} \end{aligned}$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

Напряжение на стороне высшего напряжения трансформатора в точке 2:

$$U_{ВНпр} = U_1 - \Delta U_2 = 6300 - 422,05 = 5877,95 \text{ В}$$

Напряжение в точке 3:

$$U_3 = \frac{5877,95}{15} = 391,86 \text{ В}$$

Расчет потери напряжения на участке 3–4:

$$\Delta U_3 = \frac{P_{рПТ2} \cdot R_{к2} + Q_{рПТ2} \cdot X_{к2}}{U_{ном}} = \frac{3,97 \cdot 208 + 2,53 \cdot 75,5}{400} = 2,54 \text{ В}$$

Расчет напряжения в точке 4:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_3 = 391,86 - 2,54 = 389,32 \text{ В}$$

Расчет потери напряжения на участке 4–5:

Для печи № 35:

$$P_{ном№35} = 50 \text{ кВт}$$

$$S_{ном.дi} = \frac{P_{номi} \cdot 10^3}{\eta_i \cdot \cos \varphi_i} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 0,9} = 58,48 \text{ кВА}$$

$$Q_{ном№35} = \sqrt{S_{ном№35}^2 - P_{ном№35}^2} = \sqrt{58,48^2 - 50^2} = 30,33 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_4 = \frac{P_{р№35} \cdot R_{к3} + Q_{р№35} \cdot X_{к3}}{U_{ном}} = \frac{50 \cdot 15,54 + 30,33 \cdot 1,91}{0,4} = 2,09 \text{ В}$$

Расчет напряжения в точке 5:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_4 = 389,32 - 2,09 = 387,23 \text{ В}$$

Отклонение напряжения на зажимах № 35

$$\delta U_5 = \frac{387,23 - 400}{400} \cdot 100 = -3,19 \%$$

Дальнейший расчет ведется аналогично и результаты расчета отклонений напряжения в послеаварийном режиме сводятся в таблицу Ф.4 (приложение Ф).

Наибольшее отклонение напряжения на зажимах № 1. Тогда:

$$n_{m1} = \frac{374,45 - 390}{2,5} \cdot 100 = -1,56$$

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				



Расчетное значение номера ответвления, полученное выше, округляется до ближайшего целого числа и определяется напряжение на шинах вторичной обмотки трансформатора после изменения коэффициента трансформации.

Принимается минус первое ответвление устройства ПБВ. Коэффициент трансформации при этом положении устройства ПБВ:

$$k_m = \frac{6,0}{0,4} \cdot (1 - 1 \cdot \frac{2,5}{100}) = 14,63$$

Определяется напряжение на стороне низшего напряжения трансформатора в послеаварийном режиме:

$$U_3 = \frac{U_{ВНпр}}{k_m} = \frac{5877,95}{14,63} = 401,77 \text{ В}$$

Дальнейший расчет ведется аналогично и результаты расчета отклонений напряжения в послеаварийном режиме сводятся в таблицу Ф.5 (приложение Ф).

### 3.22 Расчёт токов короткого замыкания на линии 0,4 кВ

Схема замещения для расчетов трехфазных токов короткого замыкания в сети, питающейся от трансформатора Т3 представлена на рисунке Х.1 (приложение Х).

Схема замещения для расчетов трехфазных токов короткого замыкания в сети, питающейся от трансформатора Т4, представлена на рисунке Х.2.

Для электроснабжения двухтрансформаторной подстанции механического цеха прокладываются две кабельные линии марки АСБ-6 3х50:

Принимается по [30, табл.4.3.23]:

$$R_{0i} = 1,24 \text{ мОм/м}, X_{0i} = 0,091 \text{ мОм/м}, L = 2000 \text{ м.}$$

$$\text{Тогда } R_{к1} = R_{0i} \cdot L_i = 1,24 \cdot 2000 = 2480 \text{ мОм}$$

$$X_{к1} = X_{0i} \cdot L_i = 0,091 \cdot 2000 = 182 \text{ мОм}$$

Сопровитления кабельных линий от ГПП до РУ трансформаторной подстанции, приведенные к низшему напряжению:

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



### 3.23 Выбор и проверка защитной аппаратуры для схемы электроснабжения цеха

В качестве аппаратов защиты сетей и электрических установок напряжением до 1000 В от коротких замыканий или перегрузок применяются автоматические выключатели и предохранители с плавкими вставками.

Автоматические выключатели являются наиболее совершенными аппаратами защиты, надёжными, срабатывающими при перегрузках и коротких замыканиях в защищаемой линии.

Для защиты 1 секции шин распределительного щита 0,4 кВ применяется автоматический выключатель типа «ВА 55-43» с номинальным током  $I_{ном АВ} = 1600 \text{ А}$ .

Условия выбора автоматического выключателя:

$$I_{ном АВ} = 1600 \text{ А} \geq I_{р max} = \frac{S_{тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \cdot \beta = \frac{630000}{\sqrt{3} \cdot 400} \cdot 1,4 = 1273,06 \text{ А}$$

$$I_{ном. расц} = 1600 \text{ А} \geq I_{р max} = 1273,06 \text{ А}$$

Проверяется номинальный ток расцепителя по следующим условиям, из которых окончательно принимается наибольшее значение:

– Несрабатывание при пиковом токе.

Кратность срабатывания отсечки номинальному току расцепителя для данного автоматического выключателя ВА 55-43 составляет  $I_{со} / I_{ном. расц} = 2, 3, 5, 7, 10$  [19]. Принимается кратность срабатывания равную 2, тогда максимальный ток срабатывания отсечки определится:

$$I_{со} = k \cdot I_{ном. расц} = 2 \cdot 1600 = 3200 \text{ А} > k_{над} \cdot k_{самозап} \cdot I_{р max} = 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1273,06 = 2444,28 \text{ А}$$

Для автоматических выключателей типа ВА 55 [19]:  $k_{над} = 1,6$ ,  $k_{самозап} = 1,2$ .

Условие выполняется.

– Ток срабатывания защиты от перегрузки:

$$(1,25 \cdot I_{ном. расц} = (1,25 \cdot 1600) = 2000 \text{ А}) \geq (I_{р. макс} = 1273,06 \text{ А})$$

Условие выполняется.

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

– Проверяется чувствительность к трехфазному току короткого замыкания:

$$K_{ч.норм} = k_3 \cdot k_p = 1,1 \cdot 1,3 = 1,43$$

$I_{нок1} = 8,7 \text{ кА} = 8700 \text{ А}$  – начальное значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания с учетом сопротивления дуги в точке К1 из таблицы Х.3.

$$k_q^{(1)} = \frac{I_{нок1}^{(1)}}{I_{co}} = \frac{5130}{3200} = 1,6 \geq 1,43$$

Выключатель обладает необходимой чувствительностью.

Селективность срабатывания вводного выключателя и выключателей отходящих линий достигается отстройкой по времени срабатывания. Для вводного выключателя  $t_{cp} = 0,2 \text{ с}$ , а для отходящих линий  $t_{cp} = 0,1 \text{ с}$ .

Рассматривается линейный автоматический выключатель.

В качестве примера рассматривается выбор выключателя, защищающий распределительный пункт РП-1.

Для защиты РП-1 используется выключатель типа ВА 304 с номинальным током автоматического выключателя  $I_{ном.АВ} = 400 \text{ А}$  и номинальным расцепителем  $I_{ном.расц} = 250 \text{ А}$ .

Расчетный ток, протекающий по кабелю, который защищает РП-1  $I_{рmax} = 233,4 \text{ А}$ .

$$I_{номАВ} = 400 \text{ А} \geq I_{рmax} = 233,4 \text{ А}$$

$$I_{ном.расц} = 250 \text{ А} \geq I_{рmax} = 233,4 \text{ А}$$

Проверяется ВА 304:

– Несрабатывание при пиковом токе.

Кратность срабатывания отсечки номинальному току расцепителя для данного автоматического выключателя ВА 304 составляет  $I_{co}/I_{ном.расц} = 2, 3, 5, 7, 10$  [20]. Принимается кратность срабатывания равную 2, тогда максимальный ток срабатывания отсечки определится:

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

$$I_{co} = k \cdot I_{ном.расц} = 2 \cdot 250 = 500 \text{ А} > k_{над} \cdot k_{самозап} \cdot I_{p\max} = 1,2 \cdot 1,6 \cdot 233,4 = 448,13 \text{ А}$$

Для автоматических выключателей типа ВА 304 [20] :  $k_{над} = 1,6$ ,  $k_{самозап} = 1,2$

Условие выполняется.

– Ток срабатывания защиты от перегрузки:

$$(1,25 \cdot I_{ном.расц} = (1,25 \cdot 250) = 312,5 \text{ А}) \geq (I_{p.\max} = 233,4 \text{ А})$$

Условие выполняется.

– Проверяется чувствительность к трехфазному току короткого замыкания:

$$K_{ч.норм} = k_3 \cdot k_p = 1,1 \cdot 1,3 = 1,43$$

$I_{пок8} = 6,72 \text{ кА} = 6720 \text{ А}$  – начальное значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания с учетом сопротивления дуги в точке К8 из таблицы 32.

$$k_q^{(2)} = \frac{0,87 \cdot I_{пок8}}{I_{co}} = \frac{0,87 \cdot 6720}{500} = 11,69 \geq 1,43$$

– Проверяется чувствительность к однофазному короткому замыканию:

$I_{пок8}^{(1)} = 4,12 \text{ кА} = 4120 \text{ А}$  – начальное значение периодической составляющей однофазного тока короткого замыкания в точке К8 из таблицы Х.4.

$$k_q^{(1)} = \frac{I_{пок8}^{(1)}}{I_{co}} = \frac{4120}{500} = 8,24 \geq 1,43$$

Выключатель обладает необходимой чувствительностью.

Расчет остальных линейных выключателей ведется аналогичным образом и сведен в таблицу Ц.1.

### 3.24 Расчет заземляющих устройств механического цеха

Для подстанций напряжением 6/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены: нейтраль трансформатора на стороне напряжением до 1 кВ; корпус трансформатора; металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ				

выше; открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше; сторонние проводящие части.

Расчет заземляющих устройств произведен в приложении Ш.

### 3.25 Расчет молниезащиты механического цеха

Объектом защиты является производственное здание, помещения которого согласно ПУЭ относятся к зонам класса В – Ia. Согласно ПУЭ – это зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуется, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Определение зоны защиты, а также расчет заземлителей молниезащиты приведен в приложении Ш.

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе было рассмотрено электроснабжение цеха по штамповке металлоизделий, а именно, были рассчитаны электрические нагрузки завода и его освещение, выбраны схемы его внешнего и внутреннего электроснабжения.

В результате расчета была определена расчетная нагрузка, осветительная нагрузка и суммарная расчетная нагрузка цеха.

В результате расчета внутреннего электроснабжения завода были выбраны мощности цеховых трансформаторных подстанций и схема распределительных сетей завода. Было выбрано основное оборудование на напряжениях 110 и 6 кВ.

Произведен выбор секционных и линейных выключателей, линейных и секционных разъединителей, трансформаторов тока и напряжения на напряжения 6 и 110 кВ, а также выбор автоматических выключателей на напряжение 0,4 кВ.

Произведены расчеты и выбор релейной защиты и автоматики цеха в электромеханическом исполнении.

Также рассмотрены вопросы техники безопасности и произведены технико-экономические расчеты, по сравнению двух вариантов внутреннего электроснабжения цеха на 6 и 10 кВ. В результате сравнения суммарных затрат на внешнее электроснабжение было выбрано питающее напряжение 6 кВ с меньшими годовыми затратами.

					<i>130302.2017.501 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Электронный документ. – <http://www.wood-pellets.com>.
- 2 Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: Учебное пособие / А.В. Лыкин. – М.: Логос, 2008. – 254 с.
- 3 Выбор силового трансформатора 630 кВА. Электронный документ. – <http://www.rus-trans.com>.
- 4 Правила устройств электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, Раздел 7. Главы 7.5, 7.6, 7.10. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
- 5 Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей. Электронный документ. – <http://sevccable.ru/sites/default/files/catalog/help/tok-nagr-cab.pdf>.
- 6 Идельчик, В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов / В.И. Идельчик, В.А.Венникова. – М.: Энергия, 1974. – 592 с.
- 7 Выбор вакуумного выключателя 6 кВ. Электронный документ. – <http://forca.ru/stati/podstancii/vyklyuchatel-vakuumnyy-trehfaznyy-vv-tel.html>.
- 8 Козулин, В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов / В.С. Козулин, Л.Д. Рожкова. – М.: Энергия, 1987. – 648 с.
- 9 Костин, В.Н. Электропитающие системы и электрические сети: учебно-методический комплекс (учебное пособие) / В.Н. Костин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 154 с.
- 10 Блок, В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электрических специальностей: Учебное пособие для студентов вузов / В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 1981. – 456 с.
- 11 Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию / И.И. Алиев. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 477 с.
- 12 Выбор силового трансформатора 110 кВ. Электронный документ. – <http://www.rus-trans.com>.

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	130302.2017.501 ПЗ					





25 Фёдоров, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А.А. Федоров. – М.: Энергия, 1967. – 416 с.

26 Указания по расчету электрических нагрузок (РТМ 36.18.327-92). Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок № 7–8, 1992. №7–8.–С.4–27 (ВНИПИ Тяжпромэлектропроект). – 114 с.

27 Фролова, Н.С. Электрические нагрузки промышленных предприятий. Методическое пособие / Н.С. Фролова. – Озёрск, 2003. – 246 с.

28 Строительные нормы и правила: СНиП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение. Издание официальное. Министерство строительства Российской Федерации. – М.: Госстрой, 1995. – 69 с.

29 Светодиодный светильник Триада 501М. Электронный документ. – <http://www.kvazar-gr.ru/triada.php>

30 Барыбина, Б.Г. Справочник по проектированию электроснабжения / Б.Г. Барыбина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 592 с.

31 Правила устройства электроустановок: 7-е изд., перераб. и дополн. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 330 с.

32 Трансформатор масляный ТМГ 400/6/0,4 Основные технические характеристики. Электронный документ. – [http://energo.maxte.ru/traBA\\_301formator-masljanuj-tmg-400-6-0-4-u-un-0-zvezda-zv?search=тмг%204](http://energo.maxte.ru/traBA_301formator-masljanuj-tmg-400-6-0-4-u-un-0-zvezda-zv?search=тмг%204).

33 Конденсаторные установки КРМ (УКМ 58)-0,4 кВ – Электронный документ. – [http://www.matic.ru/docs/catalogs/brochure-matic/parts/lv\\_krm.pdf](http://www.matic.ru/docs/catalogs/brochure-matic/parts/lv_krm.pdf).

34 Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. / И.И. Алиев – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 477 с.

35 Трансформатор масляный ТМГ 630/6/0,4 Основные технические характеристики. Электронный документ. – [http://energo.maxte.ru/traBA\\_301formator-masljanuj-tmg-630-6-0-4-u-un-0-zvezda-zv?tag](http://energo.maxte.ru/traBA_301formator-masljanuj-tmg-630-6-0-4-u-un-0-zvezda-zv?tag).

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

36 Блок, В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электрических специальностей: Учебное пособие для студентов вузов / В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 1981. – 456 с.

37 Электрический кабель ВВГнг. Электронный документ. – <http://elesant.ru/provoda-i-kabeli/elektricheskii-kabel-vvngng>.

38 Фёдоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / А.А. Фёдоров, Л.Е. Старкова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 389 с.

39 Киреева, Э.А. Электроснабжение цехов промышленных предприятий / Э.А. Киреева. – М.: НТФ Энергопрогресс, 1998. – 562 с.

40 Пункты распределительные серии ПР8503. Электронный документ. – <http://chebelektra.ru/nku/pr8xxx>.

41 ОАО «Старооскольский завод электромонтажных изделий. Справочник -Каталог: Панель ГРЩ. Разработка и изготовление. – Старый Оскол: СОЭМИ, 2014. – 400 с.

42 ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.

43 Compact ВА 303 100–1600 А. Автоматические выключатели и выключатели-разъединители низкого напряжения Руководство по эксплуатации Электронный документ. – <http://www.elec.ru/files/127/000001223/attfile/02.pdf>.

44 Промэлектросервис. Выключатели автоматические ВА 301. Электронный документ. – <http://www.elektro-portal.com/series/show/va-301>.

45 Разыграев, С.Н. Методическое указание. Заземление и зануление электрического оборудования и станков. Расчеты заземляющих устройств / С.Н. Разыграев, Д.П. Химичева. – Челябинск: ЮУрГУ 2014. – 40 с.

46 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений / РД 34.21-122-87. – М.: изд. Энергоатомиздат, 1989. – 56 с.

					130302.2017.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51