

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

институт

«Электроэнергетика»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Чистяков

подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 20____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Разработка схемы внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский
деревообрабатывающий комбинат»

тема

Руководитель _____

подпись, дата

должность, ученая степень

Н.В. Дулесова

инициалы, фамилия

Выпускник _____

подпись, дата

Е.А. Харченко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

институт

«Электроэнергетика»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

подпись

« ____ »

Г.Н. Чистяков

инициалы, фамилия

20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Харченко Екатерине Александровне

фамилия, имя, отчество

Группа ЗХЭн 3-14 Направление (специальность)

номер

13.03.02

код

«Электроэнергетика и электротехника»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка схемы внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат»

Утверждена приказом по университету № 306 от 06.05.2019

Руководитель ВКР Н.В. Дулесова, доцент кафедры «Электроэнергетика», к.э.н.

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР Электрические нагрузки деревообрабатывающего комбината, генплан комбината, сведения об источнике питания.

Перечень разделов ВКР 1. Характеристика объекта

2. Расчет электрической нагрузки

3. Расчет числа цеховых трансформаторов

4. Расчет электрических нагрузок на предприятии 6 кВ

5. Проектирование схемы внешнего электроснабжения

6. Проектирование схемы канализации электроэнергии территории предприятия

7. Разработка вариантов схем канализации электроэнергии на предприятии с учетом требований по резервированию электроснабжения

8. Выбор параметров схем канализации электроэнергии на предприятии

9. Технико-экономическая сравнение вариантов канализации электроэнергии на предприятии.

10. Выбор оборудования и его проверка потоком КЗ

11. Качество электроэнергии в сети напряжением выше 1000 В.

12. Конструктивное исполнение системы электроснабжения.

Заключение.

Перечень графического материала 1. Генплан комбината.

2. Однолинейная система.

3. Технико-экономическое обоснование вариантов.

Руководитель ВКР

подпись

Н.В. Дулесова

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

/Е.А. Харченко/

подпись, инициалы и фамилия студента

« 08 » 10. 2018 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схемы внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат» содержит 52 страницы текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ, ПОТЕРИ МОЩНОСТИ, ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ.

Объект проектирования схемы электроснабжения - ЗАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат».

Результатом данной бакалаврской работы является система внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат». Система электроснабжения проектировалась с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Цель данной бакалаврской работы – разработать схему внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат». Данная система электроснабжения должна соответствовать самым современным требованиям к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Задачи ВКР:

- 1) произвести расчет электрических нагрузок;
- 2) произвести разработку схемы канализации электроэнергии с выбором питающих линий и трансформаторов;
- 3) произвести расчет токов короткого замыкания и проверку основного оборудования спроектированной сети;
- 4) проанализировать качество электроэнергии в получившейся схеме электроснабжения.

Обосновано питающее напряжение, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения. Из двух схем электроснабжения на основании технико-экономического сравнения, разработана радиальная схема электроснабжения трансформаторных подстанций на стороне ВН.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания, высоковольтное – на термическую стойкость.

Анализ качества напряжения у характерных электроприемников (наиболее удаленных ТП от ЦРП), проведенный для различных режимов работы, показал, что отклонения напряжения лежат в допустимых пределах.

Получены следующие результаты:

- рассчитаны электрические нагрузки КТП;
- разработана схема электроснабжения КТП на стороне 6 кВ;
- выбрано и проверено электротехническое оборудование;
- оценено качество напряжения на шинах КТП.

THE ABSTRACT

The final qualifying work of the theme “Development of an external power supply scheme for CJSC Krasnoyarsk Woodworking Plant” contains 52 pages of a text document, 25 used sources, 3 sheets of graphic material.

ELECTRICAL SUPPLY, ELECTRIC LOAD, LIGHTING, CHOICE OF EQUIPMENT, SHORT CIRCUIT, CHECKING EQUIPMENT, LOSS OF POWER, LOSS OF VOLTAGE.

The object of power supply design is Krasnoyarsk Woodworking Plant CJSC.

The result of this bachelor's work is the external power supply system of CJSC Krasnoyarsk Woodworking Plant. The power supply system was designed to meet modern requirements for systems such as reliability, efficiency, safety for humans and the environment.

The purpose of this bachelor work is to develop a scheme for external power supply of the Krasnoyarsk Woodworking Plant CJSC. This power supply system must meet the latest requirements for systems such as reliability, efficiency, safety for humans and the environment.

Tasks for WRC:

- 1) to calculate the electrical loads;
- 2) to develop a sewage scheme of electricity with a choice of power lines and transformers;
- 3) calculate the short-circuit currents and check the main equipment of the designed network;
- 4) to analyze the quality of electricity in the resulting power supply scheme.

The supply voltage was justified, the electrical loads were calculated by power supply levels. Of the two power supply schemes based on a technical and economic comparison, a radial power supply scheme for transformer substations on the high voltage side has been developed.

The selected electrical equipment has been tested for the effect of short-circuit currents, high-voltage - for thermal resistance.

An analysis of the voltage quality of typical power consumers (the most distant TPs from the central distribution point), carried out for various operating modes, showed that voltage deviations are within acceptable limits.

The following results were obtained:

- electric loads of KTP are calculated;
- a power supply circuit for the package transformer substation on the 6 kV side was developed;
- electrical equipment selected and tested;
- The quality of voltage on KTP tires was evaluated.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА	7
2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРЕДПРИЯТИЯ	10
Приближенный расчет осветительных установок цехов методом удельной нагрузки на единицу площади цеха	10
Определение расчетных электрических нагрузок до 1 кВ в целом по предприятию методом коэффициентов расчетной активной нагрузки	11
3 РАСЧЕТ ЧИСЛА ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	16
Расчет удельной плотности нагрузки низкого напряжения на территории размещения электроприемников предприятия и выбор желаемой мощности трансформаторов	16
Расчет минимально-допустимого числа цеховых трансформаторов по условию передачи активной мощности на напряжение 0,4 кВ.....	17
Определение мощности компенсирующих устройств НН и распределение комплектных конденсаторных установок (ККУ) НН по ЦТП17	
Расчет потерь активной мощности в цеховых трансформаторах. Определение результирующих нагрузок на стороне 6 кВ цеховых подстанций с учетом ККУ НН и потерь в трансформаторах	18
4 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА НАПРЯЖЕНИИ 6 КВ.....	20
Предварительная привязка потребителей 6 кВ к центральному распределительному пункту, исходя из них территориального расположения и надежности электроснабжения.....	20
Определение расчетной нагрузки на сборных шинах 6 кВ ЦРП методом коэффициентов расчетной активной нагрузки	20
5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	22
Обоснование схемы внешнего электроснабжения предприятия с выбором сечений ВЛЭП, питающих ЦТП	22
Расчет потерь мощности в ВЛЭП	24
Расчет баланса реактивной мощности на границе балансового разграничения с энергосистемой и оценка необходимости дополнительных средств компенсации реактивной мощности.....	24
6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ	26
Построение картограммы электрических нагрузок цехов.....	26
Распределение нагрузок ниже 1000 В совокупности цехов между цеховыми трансформаторными подстанциями	27

7 РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ СХЕМ КАНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПО РЕЗЕРВИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	30
8 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СХЕМ КАНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ. ВЫБОР КАБЕЛЕЙ, ПИТАЮЩИХ ЦТП.....	32
9 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ КАНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ	34
10 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ПРОВЕРКА ПО ТОКАМ К.З.	37
Выбор оборудования	37
Расчет токов к.з. в сети напряжением 1000 В	37
Проверка оборудования по токам к.з.....	42
11 КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В	47
Расчет потерь напряжения в сети напряжением выше 1000 В и цеховых трансформаторах	47
Оценка отклонения напряжения на зажимах высоковольтных потребителей электроэнергии и шинах низкого напряжения цеховых трансформаторов	47
12 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире стоят задачи развития промышленности путем всемирной интенсификации и повышения эффективности производства на базе ускорения научно-технического прогресса.

В области электроснабжения потребителей эти задачи предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадежного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении.

В настоящее время программа развития электроэнергетики в России рассчитана на долгосрочную перспективу. При снабжении потребителей энергией важно осуществлять комплексный подход на всех этапах проектирования. Так же огромную роль в условиях рыночной экономики имеет, помимо всего прочего, экономическая эффективность принятых решений и дальнейшая перспектива развития затронутой отрасли.

Система электроснабжения предприятия состоит из питающих, распределительных, трансформаторных и преобразовательных подстанций и связывающих их кабельных и воздушных сетей и токопроводов высокого и низкого напряжения. Система электроснабжения строится таким образом, чтобы она была надежна, удобна и безопасна в обслуживании и обеспечивала необходимое качество энергии и бесперебойность электроснабжения в нормальном и послеаварийном режимах. В то же время система электроснабжения должна быть экономичной по затратам, ежегодным расходам, потерям энергии и расходу дефицитных материалов и оборудования. Экономичность и надежность системы электроснабжения достигается путем применения взаимного резервирования сетей предприятий и объединения питания промышленных, коммунальных и сельских потребителей.

В электрических сетях современных энергоемких предприятий возникли новые конструктивные решения, без которых невозможно было бы рационально спроектировать систему электроснабжения. Прохождение воздушных линий по загруженным территориям предприятий вызывает значительные затруднения.

Электрические сети и подстанции органически входят в общий комплекс предприятия, как и другие производственные сооружения и коммуникации. Поэтому они должны увязываться со строительной и технологической частями, очередностью строительства и общим генеральным планом предприятия.

Требования, предъявляемые к электроснабжению предприятий, зависят также от категории надежности электроснабжения.

Цель данной бакалаврской работы – разработать схему внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат».

1 Характеристика объекта

Красноярский деревообрабатывающий комбинат (ДОК) – один из крупных комбинатов лесной отрасли в Восточной Сибири. Основным направлением деятельности является производство древесно-стружечных плит (ДСП). На комбинате работает единственная в Восточной Сибири заводская лаборатория, которая проводит испытания мебели и древесно-стружечных плит на соответствие общим стандартам, техническим условиям, экологическим нормам и правилам безопасности. На предприятии работает около двух тыс. сотрудников.

Предприятие - закрытое акционерное общество «Красноярский деревообрабатывающий комбинат». Предприятие зарегистрировано на основании Постановления администрации Свердловского района г. Красноярск № 302 от 10.08.92, свидетельство о государственной регистрации № 4834. Полный юридический адрес: 660049, г. Красноярск, ул. Свердловская 101а. Дата начала хозяйственной деятельности 01.01.1934 год., дата последней перерегистрации юридического лица - 18.10.2002 год. Создание и деятельность закрытого акционерного общества регулируются кроме Гражданского кодекса Российской Федерации, Федеральным законом Российской Федерации от 26 декабря 1995 г. № 208-ФЗ «Об акционерных обществах».

Красноярский деревообрабатывающий комбинат - предприятие лесной отрасли Сибири. Комбинат расположен на правом берегу реки Енисей и занимает площадь 62,7 гектаров, созданный 1934 году.

Для производственной деятельности ЗАО «Красноярский ДОК» имеет все необходимые производственные мощности, технологическое оснащение, квалифицированные кадры рабочих и ИТР.

В настоящее время областью деятельности комбината является производственная и торговая деятельность, основные направления - производство щитовой мебели, производство ДСП, пиломатериалов, щепы, продукции деревообработки.

ЗАО «Красноярский Деревообрабатывающий комбинат» имеет железнодорожную ветку на станции «Енисей», куда поступает сырье и производится отгрузка готовой продукции.

Высшим органом управления общества является общее собрание акционеров. Общим собранием участников избирается генеральный директор, который в пределах своей компетенции несет ответственность за выполнение обществом:

- договорных обязательств;
- обязательств перед государственным бюджетом, перед коллективом и отдельными работниками общества;
- действующего законодательства;
- требований по представлению государственной отчетности;
- правил безопасности производства, санитарно-гигиенических норм,

- требований по защите здоровья работников предприятия, охране окружающей среды.

А также осуществляет оперативное руководство работой общества в соответствии с основными направлениями деятельности общества, назначает должностных лиц, принимает на работу и увольняет персонал, без доверенности действует от имени общества, представляет его во всех учреждениях, предприятиях и организациях.

Поставка электроэнергии для нужд ЗАО «Красноярский ДОК» осуществляется в соответствии с условиями договора на электроснабжение с ПАО «Красноярскэнергосбыт». Питание непосредственно ЗАО «Красноярский ДОК» осуществляется от ПС-20 ЗАО «Красноярский ДОК» на которой установлены 4 трансформатора мощностью 5600 кВА, напряжением 35/6 кВ. Расстояние от ПС-20 до комбината 3,5 км.

Комбинат работает в две смены.

Основная продукция ЗАО «Красноярский ДОК»:

- пиломатериал;
- древесностружечные плиты (ДСП);
- мебель из ДСП и из массива;
- деревообработка.

В состав предприятия входит: следующие производства: лесопильный и деревообрабатывающий цеха, цех древесностружечных плит и строганного шпона, мебельные цеха.

Ведомость электрических нагрузок комбината приводится в таблице 1.1, а расположение объектов на территории комбината – на рисунке 1.1.

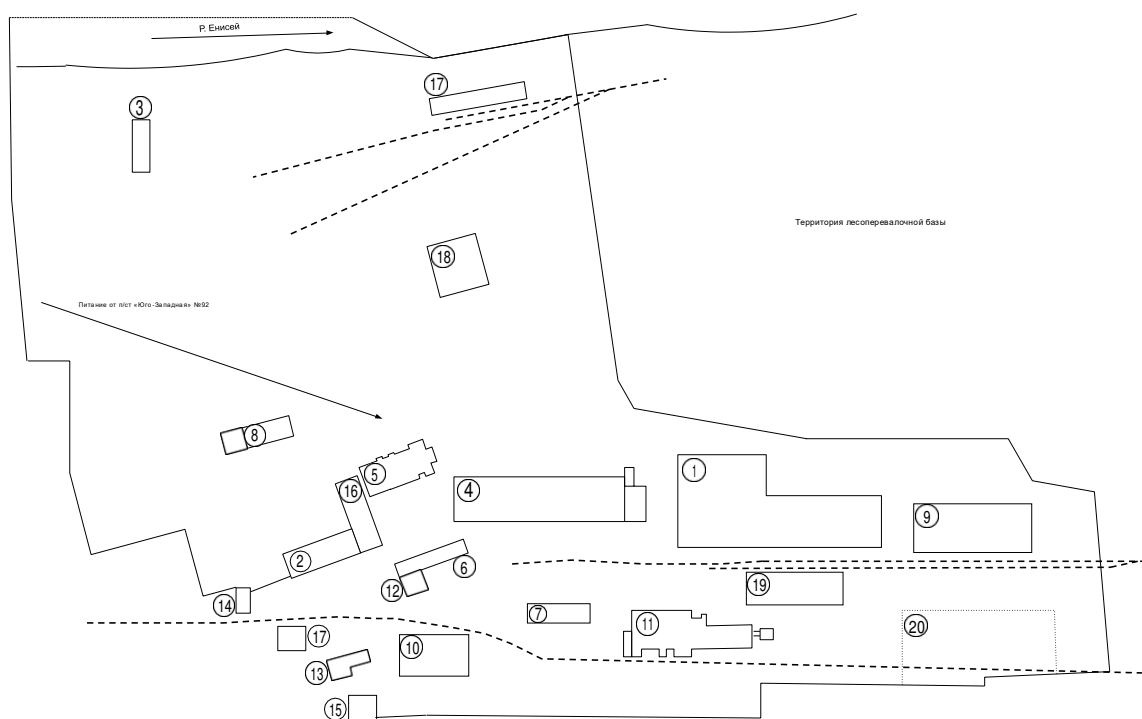


Рисунок 1 – Генплан комбината

Таблица 1.1 – Электрические нагрузки деревообрабатывающего комбината

№ п/п	Наименование	Номинальная мощность (суммарная), кВт
1	2	3
	Основное производство	
1	Цех ДСП	2690,4
2	Участок выгр., погр. сырья	150,00
	Вспомогательное производство	
3	Участок ПРМ №1	42,76
4	Котельный цех	120,00
5	Циркуляция воды отопления комбината	80,00
6	Насосная 1, 2 подъема	200,00
7	Участок ПРМ №2	60,09
8	Ремонтно-механический участок	116,58
9	Ремонтно-механический участок (ЦНО)	64,00
10	Транспортный цех	230,00
11	Электроцех	240,00
	Общехозяйственные	
12	Вневедомственная охрана, проходная	7,00
13	Склад сырья	45,55
14	Столовая	50,00
15	Центральный склад	230,00
16	АТС	5,00
17	Здравпункт	15,00
18	ЦЗЛ	15,00
19	Мебельный цех, Салон «Мебель»	67,00
20	Заводоуправление ДОК	50,00

2 Расчет электрической нагрузки предприятия

2.1 Приближенный расчет осветительных установок цехов методом удельной нагрузки на единицу площади цеха

При расчете электрической нагрузки предприятия необходимо учесть нагрузку искусственного освещения цехов. Эта нагрузка определяется по удельной мощности освещения по выражению:

$$P_o = F \cdot \delta \cdot K_{co} \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

$$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg} \phi,$$

где F – освещаемая площадь, м^2 ; δ – удельная плотность осветительной нагрузки, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

K_{co} – коэффициент спроса осветительной нагрузки; $\operatorname{tg} \phi$ – коэффициент мощности осветительной нагрузки.

Для освещения общехозяйственных зданий №№12-20 используем светодиодные лампы с $\cos \phi = 0,9$ ($\operatorname{tg} \phi = 0,48$), для остальных производственных цехов используются дугоразрядные лампы (ДРЛ) с $\cos \phi = 0,57$ и $\operatorname{tg} \phi = 1,44$.

Расчет освещения для здания №20.

$$P_o = F \cdot \delta \cdot K_{co} \cdot 10^{-3} = 2700 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 48,6 \text{ кВт.}$$

$$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg} \phi = 48,6 \cdot 0,48 = 23,33 \text{ кВт.}$$

Расчеты для остальных помещений сведем в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет мощности освещения

№ по ген-плану	Наименование потребителя	F, м ²	δ, Вт/м ²	K _{co}	P _o , кВт	cosφ	tgφ	Q _o , кВар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Цех ДСП	3018	16	0,95	45,87	0,57	1,44	66,05
2	Участок выгр., погр. сырья	420	16	0,95	6,38	0,57	1,44	9,19
3	Участок ПРМ №1	200	16	0,95	3,04	0,57	1,44	4,38
4	Котельный цех	1804	16	0,95	27,42	0,57	1,44	39,48
5	Циркуляция воды отопления комбината	562	18	0,85	8,6	0,57	1,44	12,38
6	Насосная 1, 2 подъема	280	14	0,85	3,33	0,57	1,44	4,8
7	Участок ПРМ №2	270	16	0,85	3,67	0,57	1,44	5,28
8	Ремонтно-механический участок	300	16	0,85	4,08	0,57	1,44	5,88
9	Ремонтно-механический участок (ЦНО)	1312	16	0,95	19,94	0,57	1,44	28,71

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Транспортный цех	660	16	0,85	8,98	0,57	1,44	12,93
11	Электроцех	1584	16	0,95	24,08	0,57	1,44	34,68
12	Отдел контроля	168	20	0,9	3,02	0,9	0,48	1,45
13	Центральный склад	200	10	0,6	1,2	0,9	0,48	0,58
14	Спорткомплекс	84	20	0,9	1,51	0,9	0,48	0,72
15	АТС	156	20	0,8	2,5	0,9	0,48	1,2
16	Склад сырья	386	14	0,6	3,24	0,57	1,44	4,67
17	Проходная	96	20	1	1,92	0,9	0,48	0,92
18	ЦЗЛ	600	20	0,85	10,2	0,9	0,48	4,9
19	Мебельный цех	736	16	0,85	10,01	0,9	0,48	4,8
20	Заводоуправление ДОК	2700	20	0,9	48,6	0,9	0,48	23,33
	ИТОГО				237,59			266,33

2.2 Определение расчетных электрических нагрузок до 1 кВ в целом по предприятию методом коэффициентов расчетной активной нагрузки

Расчет силовых низковольтных электрических нагрузок выполним методом расчетных коэффициентов в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92. Основные положения данного расчета следующие.

Расчетная активная P_p и реактивная Q_p мощность - это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке I_p , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения. Вероятность превышения фактической нагрузки над расчетной не более 0,05 на интервале осреднения, длительность которого принята равной трем постоянным времени нагрева элемента системы электроснабжения $3T_o$, через который передается ток нагрузки (кабеля, провода, шинпровода, трансформатора и т. д.). Для одиночных ЭП расчетная мощность принимается равной номинальной, для одиночных ЭП повторно-кратковременного режима - равной номинальной, приведенной к длительному режиму.

Коэффициент расчетной мощности K_p - отношение расчетной активной мощности P_p к значению $K_u P_n$ группы ЭП

$$K_p = P_p / K_u P_n \quad (2.2)$$

Коэффициент расчетной мощности зависит от эффективного числа электроприемников, средневзвешенного коэффициента использования, а также от постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки.

Приняты следующие постоянные времени нагрева [15]:

$T_o = 10$ мин - для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинпровода, пункты, сборки, щиты. Значения K_p для этих сетей

принимаются по таблице 1 [16];

$T_o = 2,5$ ч - для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов. Значения K_p для этих сетей принимаются по таблице 2 [16];

$T_o \geq 30$ мин - для кабелей напряжением 6 кВ и выше, питающих цеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства. Расчетная мощность для этих элементов определяется при $K_p = 1$.

Коэффициент одновременности K_o - отношение расчетной мощности на шинах 6 - 10 кВ к сумме расчетных мощностей потребителей, подключенных к шинам 6 - 10 кВ РП

$$K_o = P_{p\Sigma} / \Sigma P_p. \quad (2.3)$$

Исходные данные для расчета (графы 1-5) заполняются на основании полученных от специалистов таблиц-заданий на проектирование электротехнической части и согласно справочным материалам (графы 6-8), в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности для индивидуальных ЭП.

В графах 9 и 10 соответственно записываются построчно величины $K_u P_n$ и $K_u P_n \text{tg}\varphi$. В итоговой строке определяются суммы этих величин $\Sigma K_u P_n$ и $\Sigma K_u P_n \text{tg}\varphi$

Определяется групповой коэффициент использования для данного узла питания

$$K_p = P_p / K_u P_n, \quad (2.4)$$

Значение K_u заносится в графу 5 итоговой строки.

Для последующего определения n_Σ в графе 12 построчно определяются для каждой характерной группы ЭП одинаковой мощности величины $n p_n^2$ и в итоговой строке - их суммарное значение $\Sigma n p_n^2$. При определении n_Σ по упрощенной формуле графа 9 не заполняется.

Определяется эффективное число электроприемников n_Σ следующим образом:

Как правило, n_Σ для итоговой строки определяется по выражению

$$n_\Sigma = (\Sigma P_n)^2 / \Sigma n p_n^2 \quad (2.5)$$

При значительном числе ЭП (магистральные шинопроводы, шины цеховых трансформаторных подстанций, в целом по цеху, корпусу, предприятию) n_Σ может определяться по упрощенной формуле

$$n_\Sigma = 2 \Sigma P_n / p_{н.макс}, \quad (2.6)$$

Найденное по указанным выражениям значение $n_э$ округляется до ближайшего меньшего целого числа.

В зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников определяется и заносится в графу 13 коэффициент расчетной нагрузки K_p .

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания ЭП напряжением до 1 кВ (графа 14) определяется по выражению

$$P_p = K_p \sum K_u P_n \quad (2.7)$$

В случаях, когда расчетная мощность P_p окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника, следует принимать $P_p = P_{н.макс}$.

Расчетная реактивная мощность (графа 15) определяется следующим образом:

Для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от $n_э$:

$$\text{при } n_э \leq 10 \quad Q_p = 1,1 \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi \quad (2.8)$$

$$\text{при } n_э > 10 \quad Q_p = \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi \quad (2.9)$$

Для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу, предприятию

$$Q_p = K_p \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi = P_p \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.10)$$

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены осветительные нагрузки $P_{р.о}$ и $Q_{р.о}$.

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

$$I_p = S_p / \sqrt{3} U_n \quad (\text{графа 17}), \quad (2.11)$$

где $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$ - полная расчетная мощность, кВ·А, (графа 16).

Результаты расчетов электрических нагрузок 0,4 кВ по цеху ДСП представлен в таблице 2.2.

В соответствии с подпунктом 4.1. пункта 4 «Расчет электрических нагрузок электроприемников до 1 кВ в целом по корпусу (предприятию)» [17] расчет выполняется по форме Ф636-92.

Суммарные расчетные активные и реактивные нагрузки потребителей до и выше 1000 В в целом по предприятию определяются суммированием со-

ответствующих нагрузок всех цехов с учетом расчетной нагрузки освещения, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и потерь в высоковольтной линии.

По [6, 7, 8] определяем коэффициенты использования и, с учетом данных таблицы 1.1 производим расчет электрических нагрузок по предприятию в целом для нагрузок до 1000 В, таблица 2.3.

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок 0,4 кВ по цеху ДСП

Исходные данные					Расчетные величины						Эффективное число Э.П., пэ	Коэффициент Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток Iр, А
по заданию технологов				по справочным данным			Кл*Рном, кВт	Кл*Рном*tgφ, кВт	Промежуточная расчетная величина пр ² _{ном}	Рр, кВт			Qр, кВт	Sp, кВт		
Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество Э.П.	Номинальная (установленная) мощность, кВт		Кл	cosφ	tgφ										
		Одного ЭП рт	Общая Рг-прт													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Мельница стружки №1-2	2	225,2	450,4	0,5	0,75	0,88	225,2	198,18	101430,1							
Сортировка стружки №3-4	2	15	30	0,2	0,6	1,33	6	7,98	450							
Станок стружечный №5-7	3	203,6	610,8	0,2	0,6	1,33	122,16	162,47	124358,9							
Транспортер скребковый №8	1	7,75	7,75	0,5	0,75	0,88	3,88	3,41	60,0625							
Таль электрическая №9	1	0,85	0,85	0,2	0,5	1,73	0,17	0,29	0,7225							
Насос №10-11	2	0,37	0,74	0,6	0,85	0,62	0,44	0,27	0,2738							
Насос №12	1	0,68	0,68	0,6	0,85	0,62	0,41	0,25	0,4624							
Насос №13,18	2	0,74	1,48	0,6	0,85	0,62	0,89	0,55	1,0952							
Бак расходный готового клея №14	1	1,1	1,1	0,4	0,7	1,02	0,44	0,45	1,21							
Бак смесит-ный готового клея №15	1	0,55	0,55	0,4	0,7	1,02	0,22	0,22	0,3025							
Бак плавления парафина №16	1	1,5	1,5	0,4	0,7	1,02	0,6	0,61	2,25							
Бак смесит-ный отвердителя №17	1	0,55	0,55	0,4	0,7	1,02	0,22	0,22	0,3025							
Барaban сушильный №19-21	3	48	144	0,6	0,8	0,75	86,4	64,8	6912							
Затвор дозатор шлозовый №22-24	3	5,1	15,3	0,5	0,7	1,02	7,65	7,8	78,03							
Аппарат для щелока №25	1	5,5	5,5	0,4	0,65	1,17	2,2	2,57	30,25							
Насос №26	1	0,54	0,54	0,6	0,85	0,62	0,32	0,2	0,2916							
Насос №27	1	2,8	2,8	0,6	0,85	0,62	1,68	1,04	7,84							
Насос №28	1	6	6	0,6	0,85	0,62	3,6	2,23	36							
Насос №29	1	8	8	0,6	0,85	0,62	4,8	2,98	64							
Насос №30	1	11	11	0,6	0,85	0,62	6,6	4,09	121							
Линия шлифования №31	1	254	254	0,3	0,6	1,33	76,2	101,35	64516							
Станок шлифовальный №32	1	427	427	0,3	0,6	1,33	128,1	170,37	182329							
Бункер сухой стружки №33-34	2	17	34	0,2	0,5	1,73	6,8	11,76	578							
Смеситель стружки №35-36	2	55	110	0,6	0,8	0,75	66	49,5	6050							
ранспортер ленточный №37,3	2	2,2	4,4	0,5	0,75	0,88	2,2	1,94	9,68							
Устройство распредел-ное №38	1	0,37	0,37	0,2	0,5	1,73	0,07	0,12	0,1369							
Транспортер ленточный №40	1	3	3	0,5	0,75	0,88	1,5	1,32	9							
Станция формирующая №41	1	74,3	74,3	0,5	0,7	1,02	37,15	37,89	5520,49							
Выравниватель брикетов №42	1	2,2	2,2	0,4	0,65	1,17	0,88	1,03	4,84							
Транспортер ускорительный №43	1	4	4	0,5	0,75	0,88	2	1,76	16							
Конвейер цепной №44	1	3	3	0,5	0,75	0,88	1,5	1,32	9							
Отдельный привод конвейеров №45	1	11	11	0,5	0,75	0,88	5,5	4,84	121							
Накопитель поддонов №46-47	2	6	12	0,4	0,7	1,02	4,8	4,9	72							
Пресс предварительный №48	1	83	83	0,2	0,5	1,73	16,6	28,72	6889							
ресс гидравл-й горячего прессования №4	1	300	300	0,2	0,5	1,73	60	103,8	90000							
Камера охл-я поддонов №50	1	3	3	0,3	0,8	0,75	0,9	0,68	9							
Устройство щелочное №51	1	1,5	1,5	0,35	0,7	1,02	0,53	0,54	2,25							
Линия сортировки №52	1	3	3	0,4	0,7	1,02	1,2	1,22	9							
Обрезной станок №53-54	2	30,55	61,1	0,2	0,55	1,52	12,22	18,57	1866,605							
ИТОГО	54		2690,41	0,33	0,67	1,12	898,03	1002,2	591566,1	12	0,85	763,33	854,93	1146,1	1741	

Таблица 2.3 - Расчет низковольтных электрических нагрузок предприятия

№	Наименование ЭП	Количество Э.П.	Номинальная мощность			Коэффициент использования,	cosφ	tgφ	Расчетные величины			Эффективное число Э.П., пэ	Коэффициент расчетной	Расчетная мощность			Расчетный ток I _p , А
			P _{min} , кВт	P _{max} , кВт	P _{ном} , общая				K _и *P _{ном} , кВт	K _и *P _{ном} *tgφ, кВар	p ² _{ном}			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Цех ДСП	54	0,37	427	2690,4	0,33	0,67	1,12	898,02	1002,3	390868522	12	0,85	763,32	854,92	1146,1	1741,32
2	Участок выгр., погр. сырья	20	1	40	150	0,4	0,75	0,88	60	52,8	450000	8	0,94	56,4	49,63	75,13	114,15
3	Участок ПРМ №1	18	2	20	42,76	0,45	0,7	1,02	19,24	19,62	32911,5168	4	1,05	20,2	20,6	28,85	43,83
4	Котельный цех	10	1,1	20	120	0,5	0,8	0,75	60	45	144000	10	0,9	54	40,5	67,5	102,56
5	Циркуляция воды отопления комбината	10	2,2	20	80	0,6	0,75	0,88	48	42,24	64000	8	0,92	44,16	38,86	58,82	89,37
6	Насосная 1, 2 подъема	15	10	15	200	0,6	0,8	0,75	120	90	600000	15	0,9	108	81	135	205,11
7	Участок ПРМ №2	20	10	12	60,09	0,45	0,7	1,02	27,04	27,58	72216,162	10	0,9	24,34	24,82	34,76	52,81
8	Ремонтно-механический участок	15	10	20	116,58	0,5	0,6	1,33	58,29	77,53	203863,446	12	0,85	49,55	65,9	82,45	125,27
9	Ремонтно-механический участок (ЦНО)	25	1	14	64	0,5	0,6	1,33	32	42,56	102400	9	0,9	28,8	38,3	47,92	72,81
10	Транспортный цех	20	1	40	230	0,4	0,65	1,17	92	107,64	1058000	12	0,85	78,2	91,49	120,36	182,87
11	Электроцех	20	1	35	240	0,4	0,7	1,02	96	97,92	1152000	14	0,85	81,6	83,23	116,56	177,09
12	Отдел контроля	10	2	5	15	0,5	0,9	0,48	7,5	3,6	2250	6	0,93	6,98	3,35	7,74	11,76
13	Центральный склад	15	1	15	230	0,3	0,8	0,75	69	51,75	793500	15	0,85	58,65	43,99	73,31	111,38
14	Спорткомплекс	22	1	10	50	0,4	0,85	0,62	20	12,4	55000	10	0,9	18	11,16	21,18	32,18
15	АТС	10	1	2,5	5	0,3	0,8	0,75	1,5	1,13	250	4	1,19	1,79	1,34	2,24	3,4
16	Склад сырья	8	1	15	45,55	0,3	0,8	0,75	13,67	10,25	16598,42	6	0,95	12,99	9,74	16,24	24,67
17	Проходная	6	1	2	7	0,3	0,8	0,75	2,1	1,58	294	6	0,95	2	1,5	2,5	3,8
18	ЦЗЛ	10	1	4	15	0,5	0,75	0,88	7,5	6,6	2250	8	0,93	6,98	6,14	9,3	14,13
19	М ебельный цех	40	1	30	67	0,4	0,7	1,02	26,8	27,34	179560	4	1,06	28,41	28,98	40,58	61,65
20	Заводуправление ДОК	30	1	18	50	0,5	0,9	0,48	25	12	75000	6	0,93	23,25	11,16	25,79	39,18
	ИТОГО	378	0,37	427	4478,4	0,38	0,7	1,03	1683,66	1731,8	7581159303	21	0,85	1431,11	1474,04	2054,48	3121,46

3 Расчет числа цеховых трансформаторов

Расчет удельной плотности нагрузки низкого напряжения на территории размещения электроприемников предприятия и выбор желаемой мощности трансформаторов

Используя результаты расчета таблицы 2.3, с учетом мощности освещения активные и реактивные нагрузки цехов определяются из выражения:

$$\Sigma P_{pH} = 1431,11 + 237,59 = 1668,7 \text{ кВт};$$

$$\Sigma Q_{pH} = 1474,04 + 266,33 = 1740,37 \text{ кВар.}$$

Номинальные мощности трансформаторов ($S_{нтр}$) определяются плотностью нагрузки цехов (производств) и выбираются, как правило, одинаковыми для всей группы цехов (производств). Удельная плотность нагрузки определяется по формуле

$$\sigma = \frac{S_{мин}}{F_{п}}, \quad (3.1)$$

где $S_{мин} = \sqrt{1668,7^2 + 1740,37^2} = 2411,11 \text{ кВА}$ – суммарная полная расчетная низковольтная нагрузка зданий;

$F_{п} = 248600 \text{ м}^2$ – площадь предприятия.

По формуле (2.12) находим:

$$\sigma = \frac{2411,11}{248600} \approx 0,01 \text{ кВА/м}^2,$$

следовательно, рекомендуемая мощность трансформаторов равна менее 630 кВА, т. е. следующая ступень 400 кВА [2].

Расчет минимально-допустимого числа цеховых трансформаторов по условию передачи активной мощности на напряжение 0,4 кВ

Стоимость комплектных ТП очень высока и поэтому при выборе средств компенсации реактивной мощности решающее значение имеет число установленных трансформаторов. Минимальное возможное число трансформаторов определяется по формуле

$$N_{\min} = \frac{P_m}{\beta_m \cdot S_{н.тр}}, \quad (3.2)$$

где P_m – расчетная активная мощность технологически связанных нагрузок (обычно принимается среднее $P_{см}$ за наиболее загруженную смену), МВт;

β_m – рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{н.тр}$ – номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

Полученное значение N_{\min} округляется до ближайшего большего целого числа.

$$N_{\min} = \frac{1668,7}{0,7 \cdot 400} \approx 6.$$

Принимаем к установке 3 КТП с трансформаторами 2 х ТМ-400/6.

Определение мощности компенсирующих устройств НН и распределение комплектных конденсаторных установок (ККУ) НН по ЦТП

Наибольшая реактивная мощность Q_1 , которая может быть передана в сеть напряжением до 1 кВ из сети 10 кВ без увеличения числа трансформаторов, определяется как

$$Q_1 = \sqrt{(1,1 \cdot N \cdot \beta_m \cdot S_{н.тр.})^2 - P_m^2}. \quad (3.2)$$

$$Q_1 = \sqrt{(1,1 \cdot 6 \cdot 0,7 \cdot 400)^2 - 1668,7^2} = 794,07 \text{ кВар.}$$

Определяем мощность БК на напряжение 0,4 кВ:

$$Q_{нБК} = \Sigma Q_{рН} - Q_1 = 1740,37 - 794,07 = 946,3 \text{ кВАр.}$$

Мощность одной ККУ:

$$Q_{\text{НБК1}} = 946,3/6 = 157,7 \text{ кВар.}$$

На каждой из 6-ти подстанций установим на каждую секцию по одной КБ типа АУКРМ-ЭМ 0,4-200-10 номинальной мощностью 200 кВар.

Фактическая мощность БК:

$$Q_{\text{НБК}} = 6 \cdot 200 = 1200 \text{ кВар.}$$

Расчет потерь активной мощности в цеховых трансформаторах. Определение результирующих нагрузок на стороне 6 кВ цеховых подстанций с учетом ККУ НН и потерь в трансформаторах

Для каждой подстанции суммируются итоговые расчетные величины $K_{P_{II}}$, $K_{P_{II}} \cdot \text{tg} \varphi$, $n \cdot P_{II}^2$, если $n_{\text{э}}$ определяется по выражению $n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_{II})^2}{P_{II} \cdot n}$, узлов питания, подключенных к сборным шинам низкого напряжения подстанции. По средневзвешенному K_u и $n_{\text{э}}$ определяется коэффициент расчетной нагрузки K_p и расчетная силовая нагрузка на сборных шинах по выражениям:

$$\begin{aligned} P_p &= K_p \cdot K_{II} \cdot P_{II}; \\ Q_p &= K_p \cdot K_{II} \cdot P_{II} \cdot \text{tg} \varphi; \\ S_p &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

К расчетной мощности силовых электроприемников добавляются осветительные нагрузки, с учетом потерь в трансформаторах определяется результирующая нагрузка на стороне 6 - 10 кВ подстанции.

Потери активной мощности в трансформаторах

$$\Delta P = \Delta P_{\text{Х.Х}} + K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{К.З}}, \quad (3.4)$$

где $\Delta P_{\text{Х.Х}}$ и $\Delta P_{\text{К.З}}$ - соответственно потери холостого хода и короткого замыкания, кВт. Принимаются согласно ГОСТ или техническим условиям;

K_3 - коэффициент загрузки трансформатора. Определяется расчетом электрических нагрузок.

Потери реактивной мощности в трансформаторах

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{Х.Х}} + K_3^2 \cdot \Delta Q_{\text{НАГР}}, \quad (3.5)$$

где $\Delta Q_{\text{Х.Х}}$ - потери холостого хода, квар.

Потери холостого хода определяются по выражению

$$\Delta Q_{X.X} = I_{X.X} \cdot S_T \cdot 10^{-2}, \quad (3.6)$$

где $\Delta Q_{нагр}$ - нагрузочные потери, квар. Определяются по выражению

$$\Delta Q_{НАГР} = u_K \cdot S_T \cdot 10^{-2}. \quad (3.7)$$

где $I_{x.x}$ и u_K (в %) принимаются согласно ГОСТ или ТУ;

S_T - номинальная мощность трансформатора, кВА.

В [17, таблица 7.1] представлены при различных K_z потери активной и реактивной мощности в цеховых трансформаторах масляных по ГОСТ 16555-75. В зависимости от этого коэффициента выбираются потери активных и реактивных мощностей.

Результирующие нагрузки для цеховых трансформаторных подстанций рекомендуется заносить в формуляр Ф202-90 (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Результирующие электрические нагрузки цеховых трансформаторных подстанций

Наименование	Коэффициент реактивной мощности tgφ	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформаторов шт., кВА
		кВт	кВАр	кВА	
		P_p	Q_p	S_p	
1	2	3	4	5	6
ТП1-ТП3					6*400
Силовая нагрузка 0,4 кВ	1,03	1431,11	1474,04	2054,48	
Осветительная нагрузка	1,12	237,59	266,33	356,9	
Итого на стороне 0,4 кВ	1,04	1668,7	1740,37	2411,11	
Мощность ККУ НН			-1200		6 x 200 кВАр, АУКРМ-ЭМ 0,4- 200-10
Итого на стороне 0,4 кВ с учетом ККУ	0,32	1668,7	540,37	1754,01	
Потери в трансформаторах		3,8*6=22,8	14*6=84		
Итого на стороне ВН	0,37 < 0,4	1691,5	624,37	1803,06	6 x ТМ-400/6

4 Расчет электрических нагрузок на напряжении 6 кВ

Предварительная привязка потребителей 6 кВ к центральному распределительному пункту, исходя из их территориального расположения и надежности электроснабжения

До выполнения расчета следует осуществить привязку потребителей 6 кВ к распределительным или главным понижающим подстанциям, исходя из их территориального расположения и надежности электроснабжения, при этом надо стремиться к равномерной загрузке секций сборных шин 6 кВ.

Питание предприятия осуществим от существующей ПС 20 (см. п. 1) по двум линиям с проводами СИП длиной 3,5 км, поэтому установим двухсекционный ЦРП на напряжении 6 кВ.

Трансформаторные подстанции 6/0,4 будут запитываться по магистральной или радиальной схеме (это покажет технико-экономическое сравнение вариантов канализации электроэнергии на предприятии).

Определение расчетной нагрузки на сборных шинах 6 кВ ЦРП методом коэффициентов расчетной активной нагрузки

Основными потребителями электроэнергии на напряжении 6 кВ являются электродвигатели, трансформаторные понижающие подстанции, преобразовательные подстанции и установки, термические электроустановки [17].

Расчет электрических нагрузок производится по форме Ф636-92, однако, т.к. нет электроприемников 6 кВ, то данная форма опускается.

Расчет присоединенных потребителей 6 кВ выполняется для каждого РУ 6 кВ. Расчетную нагрузку каждой секции сборных шин 6 кВ в нормальном режиме рекомендуется принимать как произведение общей нагрузки на коэффициент 0,6, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по секциям сборных шин.

Результирующие нагрузки ЦРП рекомендуется заносить в формуляр Ф220-90 (см. таблица 4.1). К расчетной электрической нагрузке 6 кВ добавляются электрические нагрузки сторонних потребителей и определяется расчетная мощность на границе балансового разграничения с энергосистемой, которая является исходной величиной для выполнения расчетов по определению мощности средств КРМ.

Расчет электрической нагрузки на сборных шинах 6 кВ представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет электрической нагрузки на сборных шинах ЦРП 6 кВ

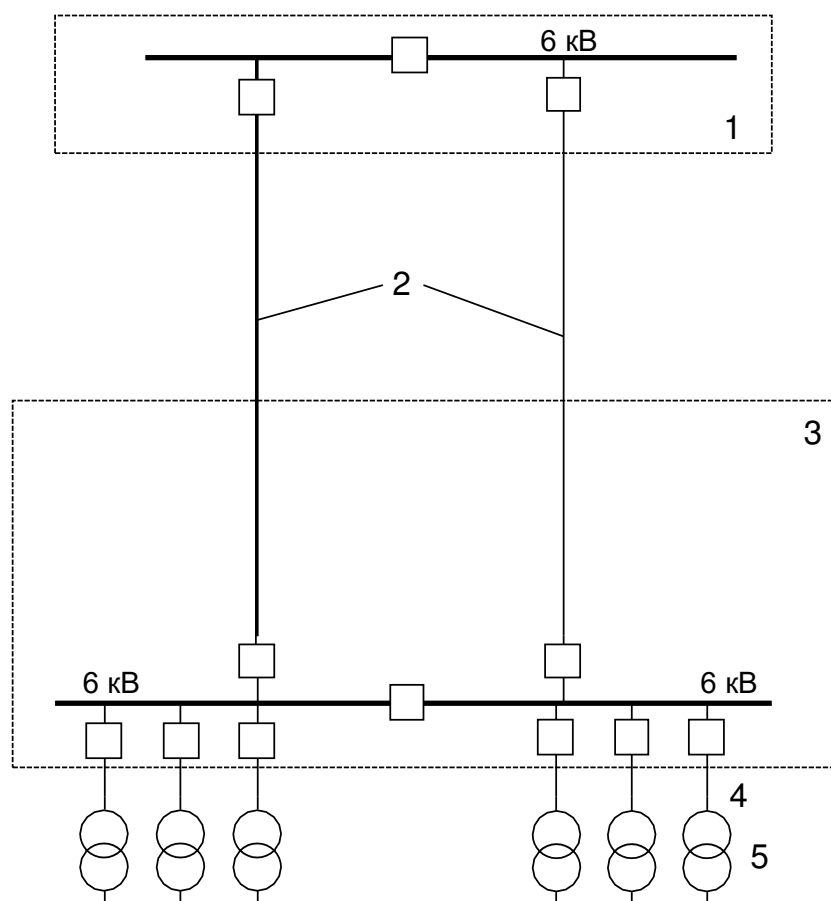
Наименование	Коэф. реактивной мощности $\text{tg}\varphi$	Расчетная нагрузка		
		кВт	кВАр	кВА
		P_p	Q_p	S_p
1	2	3	4	5
Электронагрузка предприятия на стороне 6 кВ	0,37	1691,5	624,37	1803,06
С учетом неравномерности распределения нагрузки по сборным шинам	0,37	2029,8	749,244	2163,67
Итого на стороне 6 кВ	0,37	2029,8	749,244	2163,67

5 Проектирование схемы внешнего электроснабжения

Обоснование схемы внешнего электроснабжения предприятия с выбором сечений ВЛЭП, питающих ЦТП

Намечаем возможный вариант схемы внешнего электроснабжения. Аппаратура и оборудование подстанций (в частности, ЦРП) выбирается ориентировочно, исходя из рассчитанной электрической нагрузки предприятия.

В данном случае предприятие для предприятия целесообразнее применить схему (рисунок 3.1) с установкой ЦРП 6 кВ, т.к. на НН существующей ПС 20 имеется напряжение 6 кВ, поэтому для электроснабжения комбината применяем схему (рисунок 3.1) при питании от напряжения 6 кВ (НН подстанции энергосистемы). ЦРП 6 кВ устанавливаем в ЦЭН предприятия (см. чертежи).



- 1 - подстанция энергосистемы, сторона НН;
- 2 - ЛЭП 6 кВ;
- 3 - ЦРП предприятия;
- 4 – кабельные линии, питающие трансформаторы ЦТП
- 5 – трансформаторы ЦТП предприятия

Рисунок 3.1 – Схема питания предприятия от шин НН ПС 20 энергосистемы при напряжении 6 кВ

Определяем сечения линий связи предприятия с ЭЭС.
В режиме максимальных нагрузок:

$$I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{2163.67}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 104 \text{ А.} \quad (5.1)$$

В послеаварийном режиме:

$$I_{M(\text{пав})} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{2163.67}{\sqrt{3} \cdot 6} = 208 \text{ А.} \quad (5.2)$$

В соответствии с нормами технологического проектирования (1-я редакция) НТП ЭПП-94 пунктом 7.9.1. для 2-сменных предприятий T_m следует принимать 3600 ч.

Сечения проводов ЛЭП и сечения кабелей в сетях выше 1000 В выбираются по экономической плотности тока, соответствующее режиму максимальных нагрузок:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_M}{j_{\text{эк}}}, \quad (5.3)$$

где I_M – расчетный ток одной линии в нормальном режиме работы, т.е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается;

$j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока для заданных условий работы.

По [1] для алюминиевых неизолированных проводов экономическая плотность тока равна:

$$j_{\text{эк}} = 1,1 \text{ А/мм}^2.$$

По формуле (5.3) находим:

$$S_{\text{эк}} = \frac{104}{1,1} = 94.55 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное для 6 кВ сечение – 95 мм². По [9] выбираем сталеалюминиевый провод 3хСИП-3 1х95 с допустимым током нагрузки 330 А.

Фактический длительный ток нагрева в послеаварийном режиме (когда отключается одна из параллельных цепей) равен 208 А, следовательно выбранное сечение проходит по допустимому току нагрева в рабочих режимах: 208 < 330 А.

Расчет потерь мощности в ВЛЭП

Потери мощности в ВЛЭП определяются по формуле:

$$\Delta P_{\text{ВЛЭП}} = \frac{S^2}{U^2} \cdot \frac{r}{n} \cdot \ell \cdot 10^{-3}, \quad (5.4)$$

где r_0 - активное сопротивление 1 км линии, Ом/км; ℓ - длина линии, км;
 n - количество параллельно подключенных линий (цепей).

$$\Delta P_{\text{ВЛЭП}} = \frac{2163.67^2}{6^2} \cdot \frac{0.27 \cdot 3.5}{2} \cdot 10^{-3} = 61.44 \text{ кВт.}$$

Расчет баланса реактивной мощности на границе балансового разграничения с энергосистемой и оценка необходимости дополнительных средств компенсации реактивной мощности

Располагаемая реактивная мощность синхронных двигателей (СД) напряжением 6 кВ, равна нулю, т.к. такие потребители отсутствуют, $Q_{\text{д.р}} = 0$.

Математическое ожидание (среднее значение) расчетной реактивной мощности на границе балансового раздела с энергосистемой:

$$\bar{Q}_p = 0,9 \cdot Q_p, \quad (5.5)$$

где Q_p – значение мощности, определяемое по таблице 2.6.

$$\bar{Q}_p = 0,9 \cdot 749,244 = 674.32 \text{ кВар.}$$

Экономическое значение РМ, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_s = P_p \cdot \text{tg}\varphi_s, \quad (5.6)$$

где P_p – расчетное значение активной мощности предприятия на границе балансового раздела с энергосистемой;

$\text{tg}\varphi_s$ – экономическое значение коэффициента мощности в часы максимума нагрузки, задаваемое энергосистемой. При питании от шин 6 кВ величина $\text{tg}\varphi_s = 0,4$.

Т.к. $\operatorname{tg}\varphi_c = 0,37 < \operatorname{tg}\varphi_3$ (см. таблицу 2.7), то достаточно только ККУ 0,4 кВ.

$$Q_3 = 2029,8 \cdot 0,24 = 487,15 \text{ кВар.}$$

Составляется баланс РМ на границе балансового раздела с энергосистемой

$$\bar{Q}_p - Q_{\text{н.к}} - Q_{\text{д.р}} - Q_3 \leq 0. \quad (5.7)$$

$$674,32 - 1200 - 0 - 487,15 = -1012,83 < 0.$$

Т.к. баланс получился меньше нуля, то установка средств КРМ на стороне ВН не требуется.

6 Проектирование схемы канализации электроэнергии по территории предприятия

Построение картограммы электрических нагрузок цехов

В целях экономии электроэнергии и затрат на создание схемы электропитания важно, чтобы ЦЭП предприятия располагался возможно ближе к центру питаемых им групп нагрузок.

Координаты центра электрических нагрузок (ЦЭН) определяются из соотношений

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (6.1)$$

где p_i - мощность i -го электроприемника, x_i и y_i - его координаты (оси ординат можно наносить на план цеха или комбината произвольно).

При нахождении ЦЭН предприятия под p_i подразумевают расчетную нагрузку i -го цеха, а под x_i и y_i - координаты ЦЭН i -го цеха. Т.к. ЦЭН каждого цеха не рассчитываются, то приближенно полагаем, что ЦЭН каждого цеха расположен в геометрическом центре плоской фигуры цеха.

Для наглядного представления распределения нагрузок по территории комбината и выбора мощности и типа ТП и РП, применяем картограмму нагрузок, которая представляет собой размещенные на генплане предприятия окружности, причем площади ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам цехов. Для каждого цеха наносим свою окружность, центр которой совпадает с ЦЭН цеха. Радиус окружности определяется из выражения

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{mi}}{\pi \cdot m}}, \quad (6.2)$$

где P_{mi} - расчетная нагрузка i -го цеха; m - масштаб для определения площади круга (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовую нагрузку до и выше 1000 В изобразим отдельными кругами.

Произведем расчет радиусов и диаметров окружностей, характеризующих величины нагрузок соответствующих цехов, а также ЦЭН (таблица 6.1).

Расчетные нагрузки в графах 2-3 таблицы 6.1 определены для каждого цеха с учетом мощности освещения, т.е. суммированием расчетной силовой нагрузки по каждому цеху и осветительной нагрузки из таблицы 2.1.

Таблица 6.1 – Расчет радиусов и диаметров окружностей, характеризующих величины нагрузок соответствующих цехов и ЦЭН предприятия

№ цеха	Pr, кВт	Qp, кВар	Xi	Yi	PiXi	PiYi	QiXi	QiYi	m	Ri	Di
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	809,19	920,97	593	345	479849,7	279170,6	546135,21	317734,65	0,7	19,19	38,38
2	62,78	58,82	390	325	24484,2	20403,5	22939,8	19116,5	0,7	5,34	10,68
3	23,24	24,98	302	520	7018,48	12084,8	7543,96	12989,6	0,7	3,25	6,5
4	81,42	79,98	498	350	40547,16	28497	39830,04	27993	0,7	6,09	12,18
5	52,76	51,24	428	365	22581,28	19257,4	21930,72	18702,6	0,7	4,9	9,8
6	111,33	85,8	444	323	49430,52	35959,59	38095,2	27713,4	0,7	7,12	14,24
7	28,01	30,1	505	295	14145,05	8262,95	15200,5	8879,5	0,7	3,57	7,14
8	53,63	71,78	360	381	19306,8	20433,03	25840,8	27348,18	0,7	4,94	9,88
9	48,74	67,01	706	338	34410,44	16474,12	47309,06	22649,38	0,7	4,71	9,42
10	87,18	104,42	445	276	38795,1	24061,68	46466,9	28819,92	0,7	6,3	12,6
11	105,68	117,91	564	287	59603,52	30330,16	66501,24	33840,17	0,7	6,93	13,86
12	10	4,8	435	310	4350	3100	2088	1488	0,7	2,13	4,26
13	59,85	44,57	400	272	23940	16279,2	17828	12123,04	0,7	5,22	10,44
14	19,51	11,88	352	303	6867,52	5911,53	4181,76	3599,64	0,7	2,98	5,96
15	4,29	2,54	410	250	1758,9	1072,5	1041,4	635	0,7	1,4	2,8
16	16,23	14,41	408	344	6621,84	5583,12	5879,28	4957,04	0,7	2,72	5,44
17	3,92	2,42	373	284	1462,16	1113,28	902,66	687,28	0,7	1,34	2,68
18	17,18	11,04	457	462	7851,26	7937,16	5045,28	5100,48	0,7	2,8	5,6
19	38,42	33,78	619	308	23781,98	11833,36	20909,82	10404,24	0,7	4,18	8,36
20	71,85	34,49	705	280	50654,25	20118	24315,45	9657,2	0,7	5,72	11,44
ИТОГО	1705,21	1772,94			917460,1	567882,9	959985,08	594438,82			
Координаты ЦЭН предприятия					538,034	333,028	541,465	335,284			
					Xp	Yp	Xq	Yq			

Картограмма электрических нагрузок предприятия представлена на рисунке 6.1.

Объединим цеха предприятия в группы и наметим ориентировочно расположение цеховых трансформаторных подстанций для этих групп цехов (рисунок 6.1).

Место установки ЦРП 6 кВ целесообразно расположить в ЦЭН комбината (рисунок 6.1).

Распределение нагрузок ниже 1000 В совокупности цехов между цеховыми трансформаторными подстанциями

Определим месторасположение цеховых подстанций. В данном пункте необходимо распределить цеховую нагрузку по 3-м трансформаторным подстанциям. Установим ТП-1 – ТП-3.

Распределяем нагрузку цехов по этим трансформаторным подстанциям и находим для каждой место для установки, исходя из ЦЭН для данной группы цехов (таблицы 6.2-6.4).

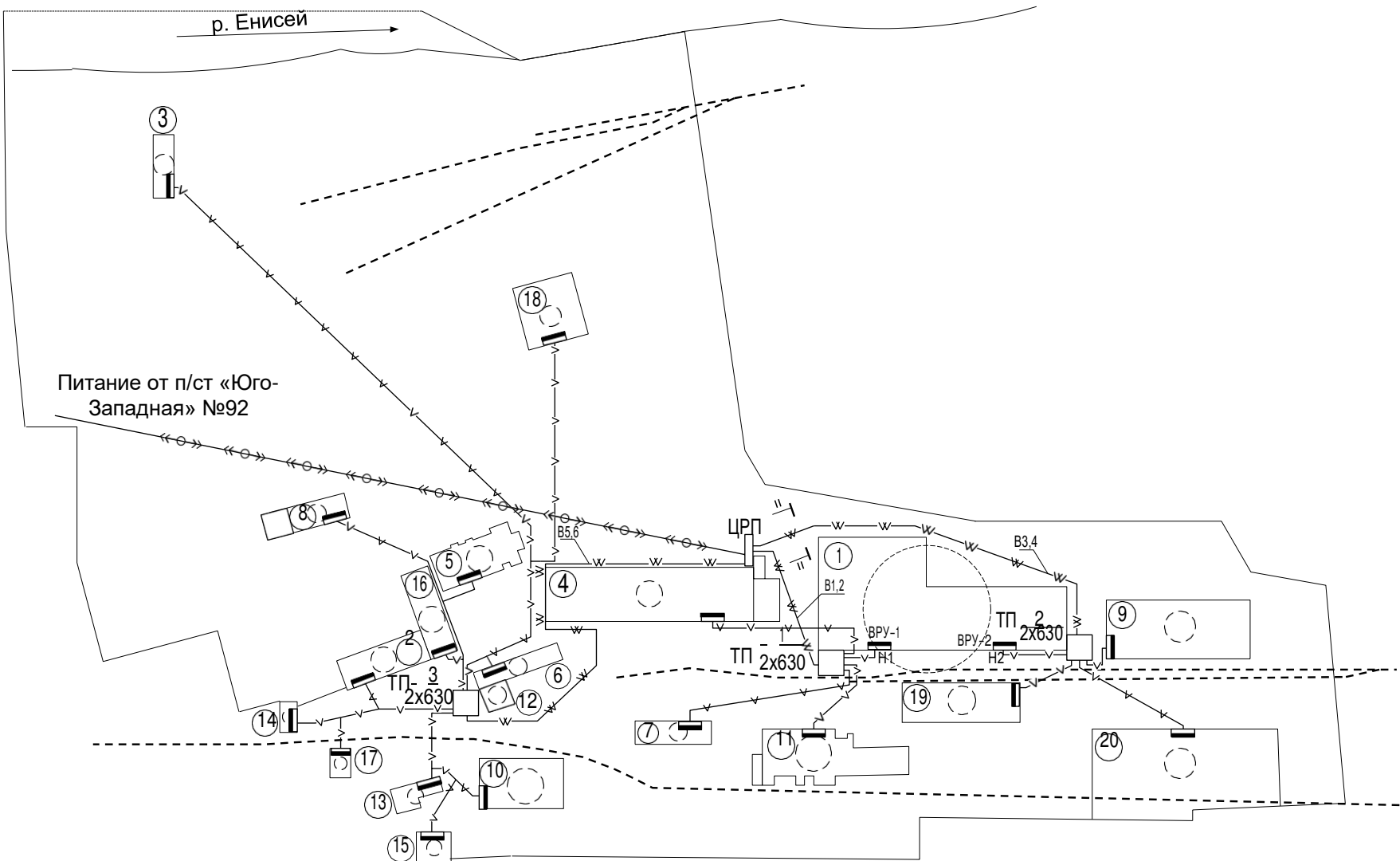


Рисунок 6.1 – Генплан предприятия с картограммой

Таблица 6.2 - Расчет ЦЭН группы цехов (ТП-1)

№ цеха	Рр, кВт	Qp, кВар	Xi	Yi	PiXi	PiYi	QiXi	QiYi	m	Ri	Di
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	404,595	460,485	593	345	239924,8	139585,3	273067,61	158867,33	0,7	13,57	27,14
11	105,68	117,91	564	287	59603,52	30330,16	66501,24	33840,17	0,7	6,93	13,86
20	71,85	34,49	705	280	50654,25	20118	24315,45	9657,2	0,7	5,72	11,44
ИТОГО	582,125	612,885			350182,6	190033,4	363884,3	202364,7			
Координаты локального ЦЭН для ТП-1					601,559	326,448	593,724	330,184			
					Xp	Yp	Xq	Yq			

Таблица 6.3 - Расчет ЦЭН группы цехов (ТП-2)

№ цеха	Рр, кВт	Qp, кВар	Xi	Yi	PiXi	PiYi	QiXi	QiYi	m	Ri	Di
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	404,595	460,485	593	345	239924,8	139585,3	273067,61	158867,33	0,7	13,57	27,14
4	81,42	79,98	498	350	40547,16	28497	39830,04	27993	0,7	6,09	12,18
7	28,01	30,1	505	295	14145,05	8262,95	15200,5	8879,5	0,7	3,57	7,14
9	48,74	67,01	706	338	34410,44	16474,12	47309,06	22649,38	0,7	4,71	9,42
ИТОГО	562,765	637,575			329027,5	192819,4	375407,21	218389,21			
Координаты локального ЦЭН для ТП-2					584,662	342,629	588,805	342,531			
					Xp	Yp	Xq	Yq			

Таблица 6.4 - Расчет ЦЭН группы цехов (ТП-3)

№ цеха	Рр, кВт	Qp, кВар	Xi	Yi	PiXi	PiYi	QiXi	QiYi	m	Ri	Di
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	62,78	58,82	390	325	24484,2	20403,5	22939,8	19116,5	0,7	5,34	10,68
3	23,24	24,98	302	520	7018,48	12084,8	7543,96	12989,6	0,7	3,25	6,5
5	52,76	51,24	428	365	22581,28	19257,4	21930,72	18702,6	0,7	4,9	9,8
6	111,33	85,8	444	323	49430,52	35959,59	38095,2	27713,4	0,7	7,12	14,24
8	53,63	71,78	360	381	19306,8	20433,03	25840,8	27348,18	0,7	4,94	9,88
10	87,18	104,42	445	276	38795,1	24061,68	46466,9	28819,92	0,7	6,3	12,6
12	10	4,8	435	310	4350	3100	2088	1488	0,7	2,13	4,26
13	59,85	44,57	400	272	23940	16279,2	17828	12123,04	0,7	5,22	10,44
14	19,51	11,88	352	303	6867,52	5911,53	4181,76	3599,64	0,7	2,98	5,96
15	4,29	2,54	410	250	1758,9	1072,5	1041,4	635	0,7	1,4	2,8
16	16,23	14,41	408	344	6621,84	5583,12	5879,28	4957,04	0,7	2,72	5,44
17	3,92	2,42	373	284	1462,16	1113,28	902,66	687,28	0,7	1,34	2,68
18	17,18	11,04	457	462	7851,26	7937,16	5045,28	5100,48	0,7	2,8	5,6
19	38,42	33,78	619	308	23781,98	11833,36	20909,82	10404,24	0,7	4,18	8,36
ИТОГО	560,32	522,48			238250	185030,2	220693,58	173684,92			
Координаты локального ЦЭН для ТП-3					425,204	330,222	422,396	332,424			
					Xp	Yp	Xq	Yq			

В результате уточнения мощности трансформаторов (см. п. 8) будут установлены ТП с трансформаторами на 630 кВА вместо предварительно выбранных трансформаторов на 400 кВА.

7 Разработка вариантов схем канализации электроэнергии на предприятии с учетом требований по резервированию электроснабжения

Вариант 1.

Применим радиальную схему питания цеховых ТП (рисунок 7.1) с глухим присоединением ТП к шинам ЦРП 6 кВ.

Вариант 2.

Применим магистральную схему питания цеховых ТП (рисунок 7.2).

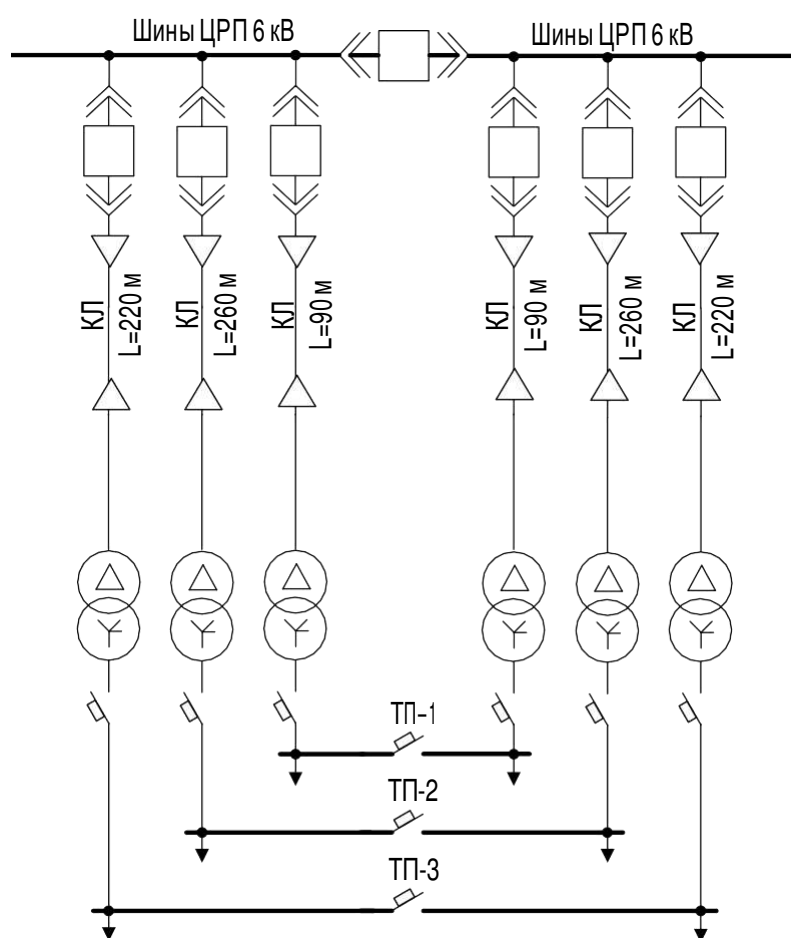


Рисунок 7.1 – Первый вариант схемы

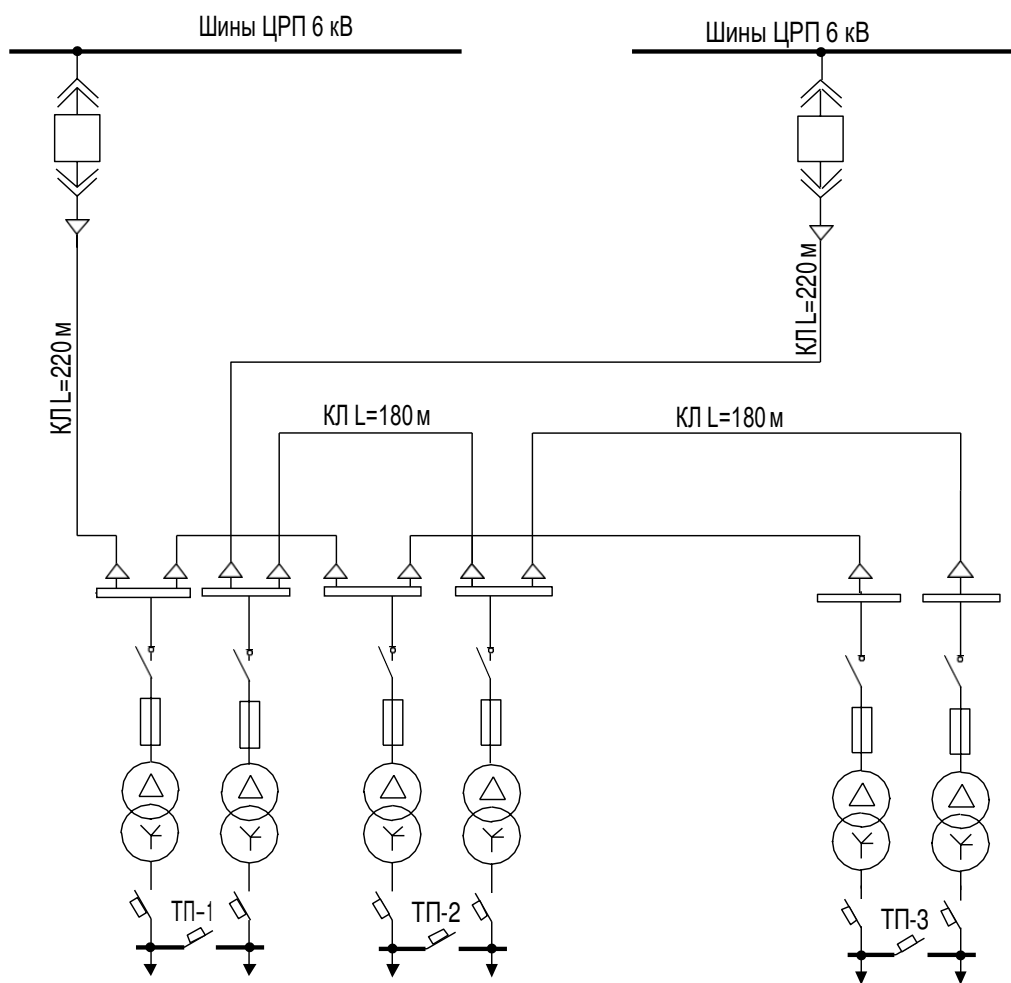


Рисунок 7.2 – Второй вариант схемы

8 Выбор параметров схем канализации электроэнергии на предприятии. Выбор кабелей, питающих ЦТП

Произведем выбор питающих кабельных линий 6 кВ. Вычислим нагрузки для выбора кабелей для каждой из ТП соответственно (с учетом мощности выбранных ранее компенсирующих устройств, которая составляет на одну секцию 0,4 кВ 200 кВар, т.е. на две секции 2*200 кВар):

$$S_{ТП-1} = \sqrt{582,125^2 + (612,885 - 2 * 200)^2} = 660,88 \text{ кВА.}$$

$$S_{ТП-2} = \sqrt{562,765^2 + (637,575 - 2 * 200)^2} = 656,25 \text{ кВА.}$$

$$S_{ТП-3} = \sqrt{560,32^2 + (522,48 - 2 * 200)^2} = 602,87 \text{ кВА.}$$

Для магистральной схемы:

$$S_{03} = S_{ТП-3} + S_{ТП-2} + S_{ТП-1} = 602,87 + 656,25 + 660,88 = 1920 \text{ кВА;}$$

$$S_{32} = S_{ТП-2} + S_{ТП-1} = 656,25 + 660,88 = 4024,47 \text{ кВА;}$$

$$S_{21} = S_{ТП-1} = 660,88 \text{ кВА.}$$

Проверим, перегружены ли трансформаторы в послеаварийном режиме:

$$k_{пер1} = S_{ТП-1} / S_{ном} = 660,88 / 400 = 1,65 > 1,4;$$

$$k_{пер2} = S_{ТП-2} / S_{ном} = 656,25 / 400 = 1,64 > 1,4;$$

$$k_{пер3} = S_{ТП-3} / S_{ном} = 602,87 / 400 = 1,51 > 1,4.$$

Таким образом, на ТП-1-ТП-3 заменяем трансформаторы 2хТМ-400/6 на 2хТМ-630/6.

Условие выбора по току:

$$I_{доп.} \geq I_{раб.}$$
$$I_{раб.} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.} \cdot n}, \quad (8.1)$$

где n – число линий; S_1 – полная расчетная электрическая нагрузка на четвертом уровне электроснабжения, кВА; $I_{раб.}$ – расчетный ток линии, А; $U_{ном.}$ – номинальное напряжение линии, кВ.

Для питающей кабельной линии (от ТП-1) по формуле (8.1) определяем токи соответственно в послеаварийном режиме:

$$I_{раб.(нав)1} = \frac{660,88}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 1} = 63,67 \text{ А.}$$

Выбираем 2 кабеля на напряжение 6 кВ сечением 50 мм², проложенных в траншее [2]. Длительно допустимая токовая нагрузка одного кабеля $I_{доп.} = 115$ А.

Таким образом, КЛ выполнены кабелем марки 2ААШв – 3×50мм².

Для остальных кабельных линий расчет аналогичен (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Выбор кабелей ВН

Место прокладки кабеля	L, м	S _м , кВА	I _{раб(пав)} , А	Тип	I _{доп} , А
1	2	3	4	5	6
Вариант 1					
ЦРП-ТП1	90	660,88	63,67	ААШв 3 х 50 мм ²	115
ЦРП-ТП2	260	656,25	63,22	ААШв 3 х 50 мм ²	115
ЦРП-ТП3	220	602,87	58,08	ААШв 3 х 50 мм ²	115
Вариант 2					
ЦРП-ТП1	220	1920	184,97	ААШв 3 х 95 мм ²	230
ТП1-ТП-2	180	1317,13	126,89	ААШв 3 х 70 мм ²	175
ТП2-ТП-3	180	660,88	63,67	ААШв 3 х 50 мм ²	230

9 Технико-экономическое сравнение вариантов канализации электроэнергии на предприятии

Для технико-экономического сравнения вариантов необходимо рассчитать капитальные затраты на сооружение внутренней электрической сети предприятия и затраты на ее эксплуатацию.

Экономическим критерием эффективности варианта является минимум приведенных затрат:

$$Z = E_H \cdot K + I, \quad (9.1)$$

где $E_H = 1/T_{OK}$ – (зависит от срока возврата инвестиций и обратно пропорционален ему); K – единовременные капитальные затраты; I – ежегодные эксплуатационные издержки; ущерб от перерывов электроснабжения не считаем, так как неизвестна зависимость ущерба от качества электроэнергии.

Эксплуатационные издержки определяются:

$$I = I_{Ц} + I_{\Delta A}; \quad (9.2)$$

Стоимость потерь электроэнергии определяется по формуле:

$$I_{\Delta A} = \beta \cdot \Delta A, \quad (9.3)$$

где β – стоимость потерь 1 кВт·ч электроэнергии.

При расчетах используем укрупненные показатели (таблица 9.1).

Определение издержек:

$$I = \frac{I_{\%} \cdot K}{100} + \Delta A \cdot B, \quad (9.4)$$

где $I_{\%}$ - процентное отчисление на амортизацию, ремонт и обслуживание;
 B - стоимость потерь одного киловатт в час электроэнергии;

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau \quad (9.5)$$

где τ - время максимальных потерь, ч/год

$$\tau = (0,124 + T_M / 10000)^2 \cdot 8760, \quad (9.6)$$

где T_M - время использования max нагрузки, ч/год.

Потери энергии в цеховой распределительной сети определяются исходя из следующих условий: цеха работают в две смены: $T_M = 3600$ ч/год.

$$\tau = (0,124 + 3600 / 10000)^2 \cdot 8760 = 2052 \text{ ч/год.}$$

Для первого варианта потери мощности и энергии:

$$\Delta P_{\text{ОБЩ1}} = \Delta P_{\text{Л}} = 4,3 \text{ кВт.}$$

$$\Delta A_{\text{ОБЩ1}} = \tau \cdot \Delta P_{\text{ОБЩ1}} = 2052 \cdot 4,3 = 8823,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Для второго варианта аналогично:

$$\Delta P_{\text{ОБЩ1}} = \Delta P_{\text{Л}} = 4,9 \text{ кВт.}$$

$$\Delta A_{\text{ОБЩ1}} = \tau \cdot \Delta P_{\text{ОБЩ1}} = 2052 \cdot 4,9 = 10054,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Стоимость строительства КЛ (с учетом затрат сопутствующих строительству 19,1 %) составит согласно таблице 9.1:

вариант 1: $725,6 \cdot 1,191 = 864,19$ тыс. руб.

вариант 2: $1394,4 \cdot 1,191 = 1660,73$ тыс. руб.

Таблица 9.1 – Расчет стоимости высоковольтного оборудования

Наименование	Тип	Цена, тыс.руб/(руб/м)	Кол-во, шт./м	Число параллельных линий	ВСЕГО
1	2	3	4	5	6
1 вариант					
КЛ	ААШв 3 х 50 мм ²	760	90	1	68,4
	ААШв 3 х 50 мм ²	760	260	1	197,6
	ААШв 3 х 50 мм ²	760	220	1	167,2
Ячейка КРУ	ВВ/TEL-10-12,5/630	80	6		480
ИТОГО					725,6
2 вариант					
КЛ	ААШв 3 х 95 мм ²	1400	220	1	308
	ААШв 3 х 70 мм ²	1200	180	1	216
	ААШв 3 х 50 мм ²	760	180	1	136,4
Предохранители	ПКТ-103-10-200-20 У3	15	6		90
Выключатели нагрузки	ВН-11У3	55	6		330
Ячейка КРУ	ВВ/TEL-10-12,5/630	80	4		320
ИТОГО					1394,4

Составляющие стоимости строительства кабельной линии 6 кВ составляют (приложение № 5 к сборнику укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи для нужд ОАО «ХОЛДИНГ МРСК»):

- строительно-монтажные работы - 82,5%;

- пусконаладочные работы - 0,5 %;

- прочие затраты - 17%

В ценах на II квартал 2019 г. стоимость строительства КЛ 6 кВ составит:

- строительно-монтажные работы

вариант 1: $725,6 \cdot 0,825 = 598,62$ тыс. руб.,

вариант 2: $1394,4 \cdot 0,825 = 1150,38$ тыс. руб.,

- пусконаладочные работы

вариант 1: $725,6 \cdot 0,005 = 3,628$ тыс. руб.,

вариант 2: $1394,4 \cdot 0,005 = 6,972$ тыс. руб.,

- прочие затраты

вариант 1: $725,6 \cdot 0,17 = 123,352$ тыс. руб.,

вариант 2: $1394,4 \cdot 0,17 = 237,048$ тыс. руб.,

Всего:

вариант 1:

$598,62 + 3,628 + 123,352 = 725,6 \cdot 1,09$ (п. 77 приложения 2 к настоящему Сборнику) = 790,904 тыс. руб.

вариант 2:

$1150,38 + 6,972 + 237,048 = 1394,4 \cdot 1,09$ (п. 77 приложения 2 к настоящему Сборнику) = 1519,896 тыс. руб.

Результирующие издержки:

$I_1 = 0,094 \cdot 790904 + 8823,6 \cdot 3 = 100815,776$ руб/год.

$I_2 = 0,094 \cdot 1519896 + 10054,8 \cdot 3 = 173034,624$ руб/год.

Определяем приведенные затраты:

$Z_1 = 0,12 \cdot 790904 + 100815,776 = 195724,256$ руб/год.

$Z_2 = 0,12 \cdot 1519896 + 173034,624 = 355422,144$ руб/год.

Расхождение по затратам:

$$\Delta Z = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2} \cdot 100\% = \frac{355422,144 - 195724,256}{355422,144} \cdot 100\% = 44,93\% > 5\%.$$

Расхождение между затратами составляет $44,93\% > 5\%$, следовательно, варианты неравноценны и выбираем вариант 1 (радиальную схему) с наименьшими затратами.

10 Выбор оборудования и его проверка по токам к.з.

Выбор оборудования

На напряжение 6 кВ устанавливаем выключатели ВВ/TEL-10-12,5/630, выбор которых производится в зависимости от величины тока в послеаварийном режиме (таблица 8.1). Наименьший стандартный ток каждого выключателя, равный 630 А, больше каждого из соответствующих токов из таблицы 8.1, протекающих по кабельным линиям.

Расчет токов к.з. в сети напряжением 1000 В

Все электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

При расчете токов КЗ в относительных единицах (на стороне 6 кВ) все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности. За базисную мощность S_B может быть выбрана мощность системы, суммарная номинальная мощность генераторов станции или трансформаторов.

Схема замещения системы электроснабжения (рисунок 10.1) выше 1000 В представляет собой совокупность схем замещения ее отдельных элементов (в основном в виде индуктивных сопротивлений), соединенных между собой в той же последовательности, что и на расчетной схеме. Источники питания (синхронные генераторы и электрическая система) во внешней схеме электроснабжения кроме собственных реактивностей, имеют также и ЭДС (рисунок 10.2).

В данном случае при расчете токов к.з. рассматривается наиболее тяжелый режим при включении секционного выключателя и отключении одного из параллельно работающих трансформаторов.

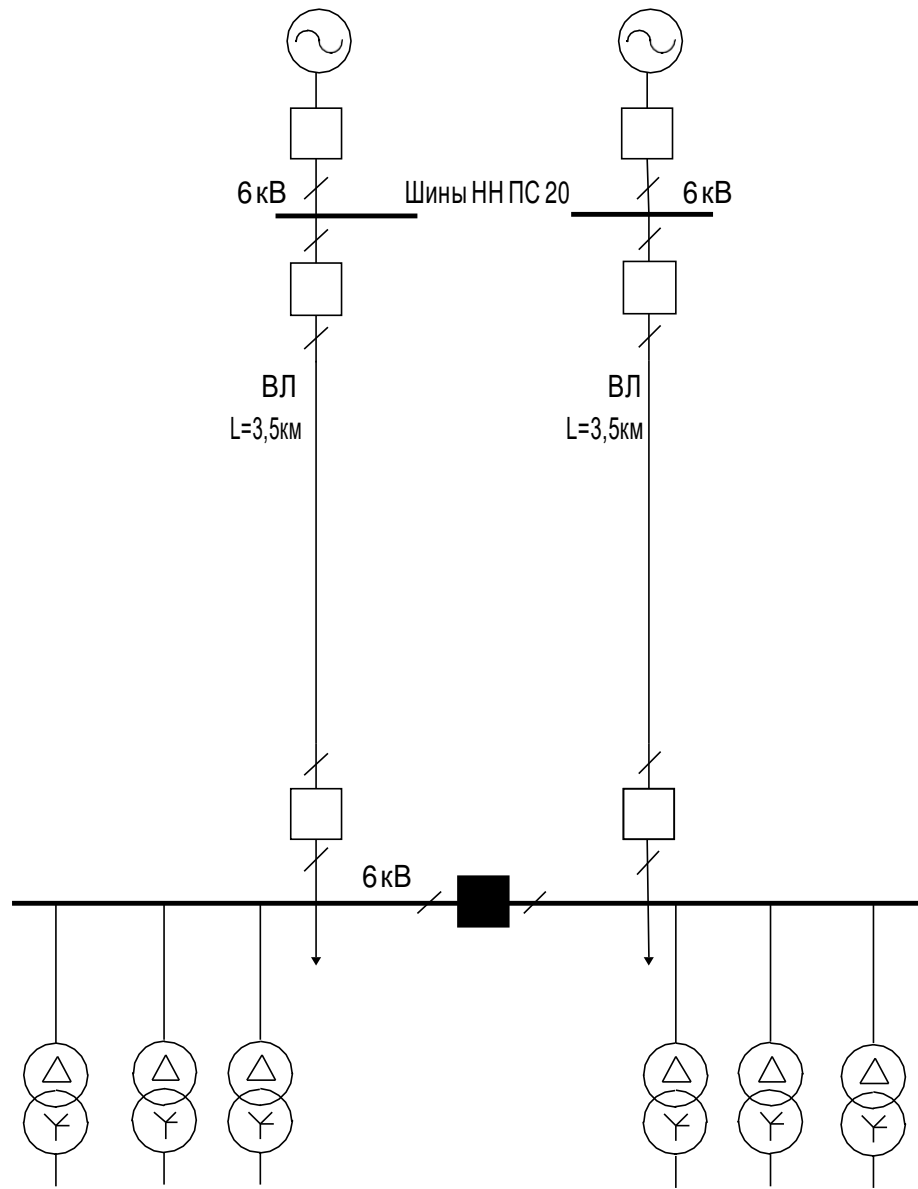


Рисунок 10.1 – Исходная схема

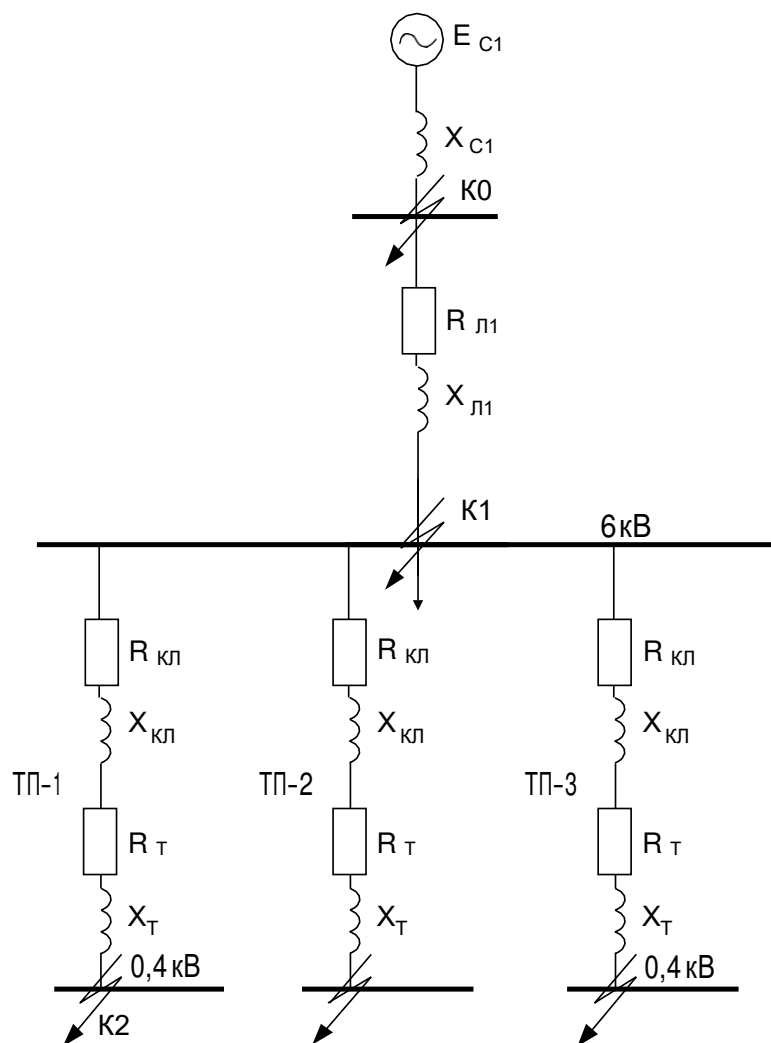


Рисунок 10.2 – Схема замещения

Исходные данные для расчета:

Электрическая система

$S_K = 1000$ МВА.

ВЛ1, ВЛ2(3хСИП-3 1х95)

$x_{уд} = 0,4$ Ом/км,

$\ell = 3,5$ км.

В качестве базисных величин произвольно базисное напряжение, приравняемое к среднему номинальному (по шкале средних напряжений) той ступени напряжения, на которой рассматривается к.з.: $U_B = U_{cp} = 6,3$ кВ.

Сопротивление электрической системы можно определить согласно [2, п. 2.8], т.е. по отключающей способности выключателя ВВ/TEL-10-12,5/630, поэтому выбираем базисную мощность S_B :

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

Базисный ток будем определять по формуле:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \times U_{\delta}}. \quad (10.1)$$

Для ступени напряжения 6 кВ базисный ток составит:

$$I_{\delta} = \frac{136,4}{\sqrt{3} \times 6,3} = 12,5 \text{ кА.}$$

Определим сопротивление линии

$$\text{ВЛ 1: } x_{\text{ВЛ}} = x_{\text{уд}} \rho \frac{S}{U^2} = 0,4 \cdot 3,5 \cdot 1000 / 6,3^2 = 4,811. \quad (10.2)$$

Сопротивление системы:

$$x_C = \frac{S_{\delta}}{S_{\text{КЗ}}} = \frac{136,4}{136,4} = 1.$$

Ток КЗ в точке К1:

$$I_{\text{К0}}^{(3)} = \frac{I_{\delta}}{x_C} = \frac{12,5}{1} = 12,5 \text{ кА.} \quad (10.3)$$

Наибольшее мгновенное значение полного тока КЗ (ударный ток) определим по выражению [2]:

$$i_y = K_y \sqrt{2} I_{\text{К0}}^{(3)}, \quad (10.4)$$

где K_y – ударный коэффициенты внешней сети. Величина K_y принимается равным 1,8 упрощенно при расчете высоковольтных сетей 6 кВ [12].

$$i_y = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,5 = 31,815 \text{ кА.}$$

Ток КЗ в точке К1:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{I_6}{x_C + x_{БЛ1}} = \frac{12,5}{1 + 4,811} = 2,151 \text{ кА.}$$

Ударный ток по формуле (10.4):

$$i_y = K_y \sqrt{2} I_{K1}^{(3)},$$

$$i_y = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,151 = 5,475 \text{ кА.}$$

Сопротивления кабельной линии, питающей КТП-1:

$$X_{\text{пит.КЛ}^*} = x_{\text{уд}} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,08 \cdot 0,09 \cdot \frac{136,4}{6,3^2} = 0,025,$$

$$r_{\text{пит.КЛ}^*} = r_{\text{уд}} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 1,24 \cdot 0,09 \cdot \frac{136,4}{6,3^2} = 0,384.$$

Ток КЗ в точке К2:

$$I_{K2} = \frac{I_6}{z_{*2}} = \frac{I_6}{\sqrt{x_{*2}^2 + r_{*2}^2}} = \frac{12,5}{\sqrt{(5,811 + 0,025)^2 + 0,384^2}} = 2,137 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К2:

$$i_{\text{уд К2}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 2,137 = 3,022 \text{ кА.}$$

Произведем расчет для точек КЗ К3-К4, т.е. на шинах ВН других подстанций, по аналогии с предыдущим расчетом, ориентируясь на рисунок 10.2, где изображены эти точки.

Сопротивления кабельной линии, питающей КТП-2:

$$X_{\text{пит.КЛ}^*} = x_{\text{уд}} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,08 \cdot 0,26 \cdot \frac{136,4}{6,3^2} = 0,071,$$

$$r_{\text{пит.КЛ}^*} = r_{\text{уд}} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 1,24 \cdot 0,26 \cdot \frac{136,4}{6,3^2} = 1,108.$$

Ток КЗ в точке К3:

$$I_{K3} = \frac{I_6}{z_{*3}} = \frac{I_6}{\sqrt{x_{*3}^2 + r_{*3}^2}} = \frac{12,5}{\sqrt{(5,811 + 0,071)^2 + 1,108^2}} = 2,088 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К3:

$$i_{уд К3} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 2,088 = 2,952 \text{ кА.}$$

Сопротивления кабельной линии, питающей КТП-3:

$$X_{пит.КЛ*} = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,08 \cdot 0,22 \cdot \frac{136,4}{6,3^2} = 0,06,$$

$$r_{пит.КЛ*} = r_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 1,24 \cdot 0,22 \cdot \frac{136,4}{6,3^2} = 0,938.$$

Ток КЗ в точке К4:

$$I_{K4} = \frac{I_6}{z_{*4}} = \frac{I_6}{\sqrt{x_{*4}^2 + r_{*4}^2}} = \frac{12,5}{\sqrt{(5,811 + 0,06)^2 + 0,938^2}} = 2,102 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К4:

$$i_{уд К4} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K4}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 2,102 = 2,973 \text{ кА.}$$

Проверка оборудования по токам к.з.

ВВ/TEL-10-12,5/630.

По напряжению электроустановки [8]:

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (10.5)$$

$$6кВ < 10 кВ$$

По длительному току:

$$I_{РАБ МАХ} \leq I_{НОМ}; \quad (10.6)$$

$$63,67А \leq 630А.$$

По не симметричному току отключения:

$$I_{П\tau} \leq I_{откл}, \quad (10.7)$$

где $I_{\Pi\tau} \approx I_{\Pi 0} = I_K^{(3)}$;

$$12,5 \text{ кА} = 12,5 \text{ кА} .$$

По апериодической составляющей расчетного тока:

$$\begin{aligned} (\sqrt{2} \cdot I_{\Pi\tau} + i_{a\tau}) &\leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{ОТКЛНОМ}} \cdot (1 + \beta_H / 100) . \\ \tau = t_{P3 \text{ MIN}} + t_{OB} &= 0,01 + 0,01 = 0,02 \text{ с} , \end{aligned} \quad (10.8)$$

где t_{OB} - собственное время отключения выключателя с приводом; $t_{P3 \text{ MIN}}$ - условное наименьшее время срабатывания релейной защиты; $\beta_i = 13\%$ - содержание апериодической составляющей.

$$i_{a\tau} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{\text{ОТКЛНОМ}}}{100} = \frac{\sqrt{2} \cdot 13 \cdot 12,5}{100} = 2,3 \text{ кА} .$$

По предельному сквозному току КЗ на электродинамическую устойчивость:

$$\begin{aligned} I_{\Pi 0} &\leq I_{\text{ПРСКВ}} ; \\ 12,5 \text{ кА} &\leq 80 \text{ кА} ; \\ i_{a\tau} &\leq i_{\text{ПРСКВ}} ; \\ 31,815 \text{ кА} &\leq 80 \text{ кА} . \end{aligned} \quad (10.9)$$

По допустимому току термической устойчивости:

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T ; \quad (10.10)$$

где I_T и t_T - ток и время термической устойчивости.

$$B_K = I_{\Pi 0}^2 \cdot (t_{\text{ОТКЛ}} + T_a) , \quad (10.11)$$

где $t_{\text{ОТКЛ}} = 0,1 \text{ с}$ – время отключения линии; $T_a = 0,01$ – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ

$$\begin{aligned} B_K &= 12,5^2 \cdot (0,1 + 0,01) = 17,19 \text{ кА}^2 / \text{с} \\ I_T^2 \cdot t_T &= 80^2 \cdot 4 = 25600 \text{ кА}^2 / \text{с} \\ 17,19 \text{ кА}^2 / \text{с} &< 25600 \text{ кА}^2 / \text{с} . \end{aligned}$$

Выключатель подходит по результатам проверки.

Проверка кабелей 6 кВ.

Минимальное сечение проводника должно отвечать требованиям по термической стойкости [8]:

$$F \geq F_{MIN}; \quad (10.12)$$

Минимальное сечение проводника, $мм^2$:

$$F_{MIN} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}, \quad (10.13)$$

где B_K - импульс квадратичного тока КЗ, $кА^2/с$; $C = 98 А \cdot с^2/мм^2$ – тепловая функция при номинальных условиях [2].

Импульс квадратичного тока КЗ, $кА^2/с$:

$$B_K = I_{КЗ}^2 \cdot (t_{ОТКЛ} + T_a). \quad (10.14)$$

Проверим КЛ, питающие КТП, на термическую стойкость к токам к.з.

$$B_K = 12,5^2 \cdot (0,1 + 0,01) \cdot 10^6 = 17187500 А^2/с;$$

$$F_{MIN} = \frac{\sqrt{17187500}}{98} = 42,3 мм^2; F = 50 мм^2; 50 \geq 42,3,$$

следовательно, кабели, питающие КТП, подходят проверку на термическую стойкость к токам к.з.

Условия проверки выключателя нагрузки ВН-11УЗ:

$$\begin{aligned} U_{ном} &\geq U_{ном.сети}; \\ I_{ном} &\geq I_{раб.мах}; \\ i_{ном.дин.} &\geq i_{уд.}; \\ I_{у.доп.} &\geq I_{КЗ.мах}; \\ I_{т \cdot t} &\geq I_{КЗ.мах}^2 \cdot t, \end{aligned} \quad (10.15)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение выключателя нагрузки, В; $U_{ном.сети}$ – номинальное напряжение сети, В; $I_{ном}$ – номинальный ток выключателя нагрузки; $I_{раб.мах.}$ – максимальный рабочий ток электроприемника, А; $i_{ном.дин.}$ – предельный сквозной ток, кА; $i_{уд.}$ – ударный ток КЗ, кА; $I_{КЗ.мах}$ – максимальный ток КЗ, кА; $I_{у.доп.}$ – наибольшее действующее значение полного тока; I_t – ток термической

стойкости, кА; t – время отключения, с; $t_{пр}$ – время протекания тока, с; $I_{ном.пр.}$ – номинальный ток предохранителя, А; $I_{откл.ном.пр.}$ – номинальный ток отключения предохранителя, кА;

В КТП установлены выключатели нагрузки типа ВН-11УЗ .

Каталожные данные:

$$I_{ном} = 630 \text{ А},$$

$$i_{ном.дин.} = 51 \text{ кА},$$

$$I_t = 20 \text{ кА},$$

$$t_{пр} = 1 \text{ с.}$$

$$I_{y.доп} = 20 \text{ кА}$$

Условия проверки:

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ};$$

$$630 \text{ А} > 63, 67 \text{ А};$$

$$51 \text{ кА} > 2,151 \text{ кА};$$

$$20 \text{ кА} > 5, 475 \text{ кА};$$

$$20^2 \times 1 > 5, 475^2 \times 0,06 \quad \text{или} \quad 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 1, 798 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Имеющийся выключатель нагрузки удовлетворяет всем требованиям. Проверим установленные на КТП предохранители исходя из условий:

$$U_{ном.пр} \geq U_{ном.сети}$$

$$I_{откл.ном.пр} \geq I_{КЗ.мах}$$

$$I_{ном.пр} \geq I_{раб.мах}$$

$$I_{ном.вст} \geq I_{раб.мах}$$

(10.16)

где $U_{ном.пр}$ – номинальное напряжение предохранителя, В;

$U_{ном.сети}$ – номинальное напряжение сети, В;

$I_{откл.ном.пр}$ – номинальный ток отключения предохранителя, кА;

$I_{КЗ.мах}$ – максимальный ток КЗ, кА;

$I_{ном.пр}$ – номинальный ток предохранителя, А;

$I_{ном.вст}$ – номинальный ток плавкой вставки, А;

$I_{раб.мах}$ – максимальный рабочий ток электроприемника, А.

В КТП-1,2,3 установлены следующие предохранители соответственно:

1. ПКТ–6–100–20УЗ,

2. ПКТ–6–100–20УЗ,

3. ПКТ–6–100–20У3.

Каталожные данные предохранителей:

1. $I_{\text{НОМ.ПР}}=100\text{А}; I_{\text{НОМ.ВСТ}}=100\text{А}; I_{\text{ОТКЛ.НОМ.ПР}}=20\text{ кА}.$
2. $I_{\text{НОМ.ПР}}=100\text{А}; I_{\text{НОМ.ВСТ}}=100\text{А}; I_{\text{ОТКЛ.НОМ.ПР}}=20\text{ кА}.$
3. $I_{\text{НОМ.ПР}}=100\text{А}; I_{\text{НОМ.ВСТ}}=100\text{А}; I_{\text{ОТКЛ.НОМ.ПР}}=20\text{ кА}.$

Проверка по формулам (10.16):

предохранитель на КТП-1:

- $6\text{ кВ} \geq 6\text{ кВ};$
- $50\text{ кА} \geq 12,5\text{ кА};$
- $100\text{ А} \geq 63,67\text{ А};$
- $100\text{ А} \geq 63,67\text{ А};$

предохранитель на КТП-2:

- $6\text{ кВ} \geq 6\text{ кВ};$
- $50\text{ кА} \geq 12,5\text{ кА};$
- $100\text{ А} \geq 63,22\text{ А};$
- $100\text{ А} \geq 63,22\text{ А};$

предохранитель на КТП-3:

- $6\text{ кВ} \geq 6\text{ кВ};$
- $50\text{ кА} \geq 12,5\text{ кА};$
- $100\text{ А} \geq 58,08\text{ А};$
- $100\text{ А} \geq 58,08\text{ А}.$

11 Качество электроэнергии в сети напряжением выше 1000 В

Расчет потерь напряжения в сети напряжением выше 1000 В и цеховых трансформаторах

Определяем падение напряжения в высоковольтной воздушной линии ВЛ1 6 кВ:

$$\begin{aligned}\Delta U_{ВЛ} &= \frac{P_{ВЛ} * r_{0-ВЛ} * L_{ВЛ} + Q_{ВЛ} * x_{0-ВЛ} * L_{ВЛ}}{U_0} = \\ &= \frac{2029,8 * 0,27 * 3,5 + 749,244 * 0,444 * 3,5}{6000} * 10^3 = 513,75 \text{ В}\end{aligned}\quad (11.1)$$

Определяем напряжение в конце воздушной линии 6 кВ.

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{КЛ} = 6300 - 513,75 = 5786,25 \text{ В}\quad (11.2)$$

Определим отклонение напряжения в на шинах 6 кВ ЦРП.

$$V_0 = \frac{U_{НОМ} - U_1}{U_{НОМ}} * 100\% = \frac{6000 - 5786,25}{6000} * 100\% = 3,56 \text{ \%}\quad (11.3)$$

Падение напряжения в высоковольтных кабельных линиях, питающих ТП 1-3 определяются аналогично. Остальные расчеты сведем в таблицы 11.1-11.3.

Оценка отклонения напряжения на зажимах высоковольтных потребителей электроэнергии и шинах низкого напряжения цеховых трансформаторов

Расчеты для ТП-1 сведем в таблицу 11.1-11.3. В минимальном режиме работы расчетная нагрузка равна $P_{min} = 0,6 P_{max}$. Согласно произведенным расчетам на всех трансформаторах всех КТП в режиме максимальной нагрузки и режиме минимальной нагрузки, а также в послеаварийном режиме работы напряжение на стороне НН «поднято» устройством ПБВ на ступень +2,5.

Качество напряжения в конечной точке потребителя (на шинах НН КТП) удовлетворяет ГОСТ 32144-2013, т.к. предельные отклонения потребителя находятся в допустимых пределах $\pm 10\%$.

Таблица 11.1 - Отклонения напряжения на шинах ТП в максимальном режиме

КТП	Напряжение в линии	Параметры кабеля			Нагрузка кабеля		Напряжение в узле, В	Отклонение напряжения, %	Параметры тр-ра		Нагрузка тр-ра		Напряжение в узле	Отклонение напряжения, %
		г	х	L, км	P	Q			Rт	Xт	P	Q		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5786,25	1,24	0,08	0,09	1635,74	1613,95	5768,89	3,85	0,4	1,94	1635,74	1613,95	5595,8	4,101
2	5786,25	1,24	0,08	0,26	1802,67	1873,02	5751,53	4,14	0,4	1,94	1802,67	1873,02	5579	4,128
3	5786,25	1,24	0,08	0,22	1083,67	1061,7	5728,39	4,53	0,4	1,94	1083,67	1061,7	5556,5	4,196

Таблица 11.1 - Отклонения напряжения на шинах ТП в минимальном режиме

КТП	Напряжение в линии	Параметры кабеля			Нагрузка кабеля		Напряжение в узле, В	Отклонение напряжения, %	Параметры тр-ра		Нагрузка тр-ра		Напряжение в узле	Отклонение напряжения, %
		г	х	L, км	P	Q			Rт	Xт	P	Q		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5691,75	1,24	0,08	0,09	981,444	968,37	5674,67	4,34	0,4	1,94	490,722	484,185	5674,7	5,151
2	5691,75	1,24	0,08	0,26	1081,6	1123,81	5657,6	4,57	0,4	1,94	540,801	561,906	5657,6	5,421
3	5691,75	1,24	0,08	0,22	650,202	637,02	5634,83	4,87	0,4	1,94	325,101	318,51	5634,8	5,782

Таблица 11.1 - Отклонения напряжения на шинах ТП в послеаварином режиме

КТП	Напряжение в линии	Параметры кабеля			Нагрузка кабеля		Напряжение в узле, В	Отклонение напряжения, %	Параметры тр-ра		Нагрузка тр-ра		Напряжение в узле	Отклонение напряжения, %
		г	х	L, км	P	Q			Rт	Xт	P	Q		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5757,32	1,24	0,08	0,09	3271,48	3227,9	5734,29	4,43	0,4	1,94	3271,48	3227,9	5734,3	5,048
2	5757,32	1,24	0,08	0,26	3605,34	3746,04	5717,02	4,72	0,4	1,94	3605,34	3746,04	5717	5,377
3	5757,32	1,24	0,08	0,22	2167,34	2123,4	5693,99	5,1	0,4	1,94	2167,34	2123,4	5694	5,814

12 Конструктивное исполнение системы электроснабжения

Спроектированная схема электроснабжения включает в себя следующие элементы:

Кабельные линии 6 кВ: трехжильный кабель марки ААШв 3х50.

Вводной высоковольтный выключатель типа ВВ/TEL-10-12,5/630 защищает питающую шину 6 кВ ЦРП.

На КТП установлены двухобмоточные трансформаторы типа 2хТМ-630/6 (в количестве двух штук на каждую КТП).

С учетом необходимости, а также наличия оборудования схема заполнения РУ 6 кВ может иметь различные варианты по числу ячеек, виду оборудования.

Предлагаемая схема электрических соединений шин 6 кВ ЦРП представлена на однолинейной схеме. Схема электрических соединений на стороне 6 кВ выполнена с одной секционированной системой шин.

Комплектное распределительное устройство (далее - КРУ), состоящее из шкафов бронированного типа (с разделением на отсеки) и шинных мостов к ним, предназначенных для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц на номинальное напряжение до 10 кВ в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью и могут использоваться для комплектования закрытых распределительных устройств электростанций, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов.

В ЗРУ – 6 кВ предлагается установить вакуумные выключатели серии ВВ/TEL. Вакуумные выключатели предназначены для работы в распределительных устройствах (КРУ) и камерах стационарных одностороннего обслуживания (КСО).

Такая конструкция дает ряд преимуществ над традиционными выключателями:

- высокий механический ресурс;
- малое потребление по цепям включения и отключения;
- малые габариты и вес;
- низкая трудоемкость производства и как следствие умеренная цена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной бакалаврской работы является схема внешнего электроснабжения деревообрабатывающего комбината ЗАО «Красноярский ДОК». Система электроснабжения проектировалась с учетом современным требованиям к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Обосновано питающее напряжение, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения. Из двух схем электроснабжения на основании технико-экономического сравнения, разработана радиальная схема электроснабжения трансформаторных подстанций на стороне ВН.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания, высоковольтное – на термическую стойкость.

Анализ качества напряжения у характерных электроприемников (наиболее удаленных ТП от ЦРП), проведенный для различных режимов работы, показал, что отклонения напряжения лежат в допустимых пределах.

Получены следующие основные результаты:

- рассчитаны электрические нагрузки КТП;
- разработана схема электроснабжения КТП на стороне 6 кВ;
- выбрано и проверено электротехническое оборудование;
- оценено качество напряжения на шинах КТП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дулесова, Н. В. Системы электроснабжения. Курсовое проектирование [Электронный ресурс] : учебн.-метод. пособие / сост. Н. В. Дулесова ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Электрон. текстовые, граф. дан. (2,68 МБ). – Абакан : ХТИ – филиал СФУ, 2016. – 72 с.
2. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
4. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавец, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
5. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2010. – 253 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.
8. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы : Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011. – 212 с.
9. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2012. – 56 с.
10. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 48 с.
11. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
12. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 131 с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200031256> (дата обращения 01.05.2019).

13. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200032239> (дата обращения 01.05.2019).

14. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М. : ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.

15. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под. ред. Г. М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 380 с.

16. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т. 2. Электрооборудование / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 602 с.

17. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М. : Колос, 2007. – 464 с.

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

19. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.

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

21. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. – 214 с.

22. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 12-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2012. – 966 с.

23. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 11-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2014. – 704 с.

24. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.: ил.

25. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 10-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2012. – 988 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н. Чистяков
Подпись, инициалы, фамилия
« 18 » 06 2019г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование специальности)

Разработка схемы внешнего электроснабжения ЗАО «Красноярский
деревообрабатывающий комбинат»
(наименование темы)

Руководитель Дулесова 12.06 2019г. доцент каф. ЭЭ, к.э.н Н.В. Дулесова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник Харченко 07.06 2019г. Е.А. Харченко
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер Кычакова 18.06.2019г. И.А. Кычакова
подпись, дата инициалы, фамилия